



МЕЖДУНАРОДНЫЙ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ СИМПОЗИУМ
«ИЕРАРХИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ: РАЗРАБОТКА И ПРИЛОЖЕНИЯ
ДЛЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И НАДЕЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ»

СБОРНИК ТЕЗИСОВ

INTERNATIONAL WORKSHOP

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

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

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

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Химия нефти и газа»

**1-5 октября 2019 г.
Томск, Россия**



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

УДК 539.216 539.22 538.91-405 548 620.18

ББК Г 534

Т29

Т29 Тезисы докладов International Workshop «Multiscale Biomechanics and Tribology of Inorganic and Organic Systems», Международной конференции «Перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций» и VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 50-летию основания института химии нефти «Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа» 1–5 октября 2019 года, Томск, Россия. – Томск: Издательский Дом ТГУ, 2019. – 820 с.

ISBN 978-5-94621-841-2

Издание содержит тезисы Международного междисциплинарного симпозиума «Иерархические материалы: разработка и приложения для новых технологий и надежных конструкций», в рамках которого проводятся: International Workshop «Multiscale Biomechanics and Tribology, of Inorganic and Organic Systems», Международная конференция «Перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций» и VIII Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием, посвященная 50-летию основания института химии нефти «Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа». В книге отражены аспекты решения фундаментальных научных проблем, связанных с разработкой и применением новых подходов к созданию перспективных материалов в интересах развития новых производственных технологий, освоения космического пространства, в том числе дальнего космоса, развития электроники, атомной энергетики, нефтегазового комплекса, медицины, транспорта и др. Книга адресована научным сотрудникам, инженерам, аспирантам и специалистам, занимающимся вопросами физической мезомеханики, разработки наноструктурных объемных и наноразмерных материалов, наноструктурированием поверхностных слоев, тонкими пленками и покрытиями, нанотехнологиями, компьютерным конструированием новых материалов и технологий их получения, технологиями упрочнения и поверхностной обработки материалов, неразрушающими методами контроля.

Публикуется в авторской редакции.

УДК 539.216 539.22 538.91-405 548 620.18

ББК Г 534

Мероприятие проведено при финансовой поддержке:

Договор с РФФИ № 19-08-20058\19 от 13.03.2019.

Соглашение № 075-02-2019-1515 от 14.06.2019.

ISBN 978-5-94621-841-2 © Институт химии нефти СО РАН, 2019

© Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, 2019

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

CONFERENCE ORGANIZERS

Technische Universität, Berlin, Germany

Technische Universität, Braunschweig, Germany

Institute of Strength Physics and Materials Science, Siberian Branch, Russian
Academy of Sciences, Tomsk, Russia

INTERNATIONAL ORGANIZERS

Georg-Peter Ostermeyer
Braunschweig, Germany

Valentin Popov
Berlin, Germany

Evgeny Shilko
Tomsk, Russia

Chairman

Popov Valentin Leonidovich
Berlin, Germany

Workshop Secretary

Timkin V.N.

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

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/см² и 35 Дж/см², 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 ²	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.

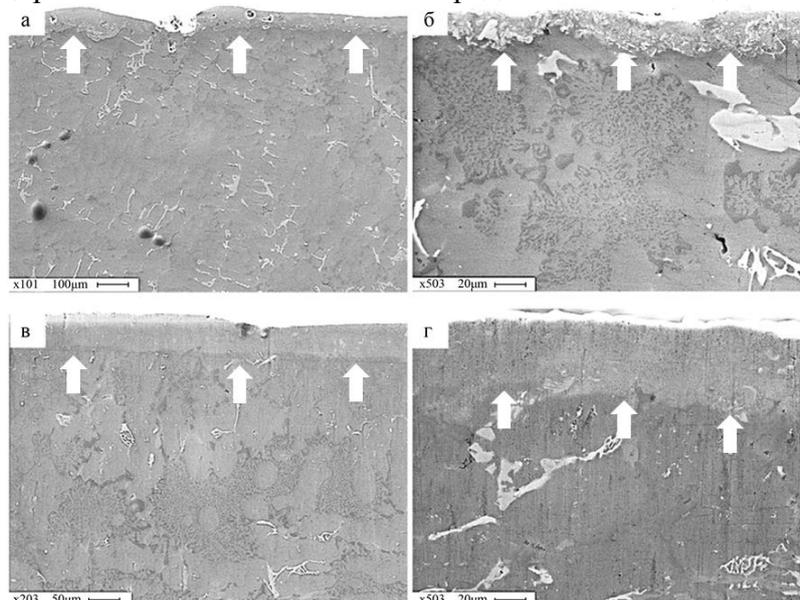


Рис. 1. Электронно-микроскопическое изображение структуры поперечного шлифа силумина марки АК10М2Н, подвергнутого комплексной обработке по режиму №1 (а), режиму №2 (б), режиму №3 (в) режиму №4 (г). Белые стрелки указывают на покрытие, в котором исследовался фазовый состав.

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 SiO_2 , YAl_3 и Y_2O_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 Al_2O_3 - TiO_2 coatings deposited on titanium substrate // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2017. V. 526. P. 70–75.

СОДЕРЖАНИЕ. Международный междисциплинарный симпозиум «Иерархические материалы: разработка и приложения для новых технологий и надежных конструкций»

Effect of Elastic Grading on Fretting Wear Willert E., Popov V.L., Dmitriev A.I., Psakhie S.G.	246
Особенности адсорбции наночастиц на поверхности иерархически организованных наноструктур AlOOH в динамических условиях Ложкомоев А.С.	248
Многоуровневая иерархическая структура силумина, подвергнутого многоциклового поверхностному легированию Иванов Ю.Ф., Лопатин И.В., Петрикова Е.А., Рыгина М.Е., Толкачев О.С.	249
Применение иерархически организованного наноструктурного оксигидроксида алюминия для остановки кровотечений Ложкомоев А.С.	251
О совершенствовании оценки электропроводности наполненных полимеров по текстурной картине изображения макроструктуры Минакова Н.Н., Ушаков В.Я.	252
Применение показателя херста для оценки поведения наполненных полимеров в агрессивных средах Минакова Н.Н., Мансуров А.В.	253
Двойной эффект памяти формы и его циклическая стабильность в [001]- монокристаллах сплава CoNiGa Куксгаузен И.В., Победенная З.В., Куксгаузен Д.А., Чумляков Ю.И., Киреева И.В., Бессонова И.Г., Кириллов В.А.	254
Роль комбинированной неустойчивости Рэлея-Тейлора и Кельвина-Гельмгольца в образовании рельефа границы раздела покрытие/подложка при воздействии гетерогенных плазменных потоков Невский С.А., Сарычев В.Д., Грановский А.Ю., Коновалов С.В., Громов В.Е.	255
Влияние комбинированной обработки на структуру и микротвердость поверхностных слоев силумина АК10М2Н Шляров В.В., Загуляев Д.В., Рубанникова Ю.А., Громов В.Е.	256
Эффекты памяти формы и сверхэластичности в высокопрочных монокристаллах FeNiCoAlTi, упрочненных наночастицами Чумляков Ю.И., Киреева И.В., Куксгаузен И.В., Поклонов В.В., Победенная З.В., Бессонова И.Г., Куксгаузен Д.А., Niendorf T., Krooß P.	258
Исследование структурных особенностей монолитных пластин на основе никелида титана с целью создания пористо-монолитных конструкций Артюхова Н.В., Кафтаранова М.И., Аникеев С.Г.	260
Влияние условий нагружения на механические свойства и разрушение органических полимерных композитных материалов на основе эпоксидных смол, упрочненных нанодисперсными частицами Смирнов С.В.	262
Исследование влияния деформации прокаткой с последующими отжигами на механические свойства титанового сплава VT22 Мишин И.П., Найденкин Е.В., Раточка И.В., Лыкова О.Н., Манишева А.И.	264
Влияние имплантации алюминия на структурно-фазовое состояние и упрочнение ультрамелкозернистого титана Никоненко А.В., Попова Н.А., Никоненко Е.Л., Калашников М.П., Окс Е.М., Курзина И.А.	265
Композитные наночастицы (Cu_xMe_{1-x})O, где Me – Zn, Ag: синтез, свойства, антимикробная активность и цитотоксичность Кондранова А.М., Ложкомоев А.С., Казанцев С.О., Первигов А.В., Фоменко А.Н.	266
Влияние наночастиц диоксида кремния на механические свойства эпоксидных нанокомпозитов Брусенцева Т.А.	267
Влияние титана и молибдена на структурно-фазовое состояние жаропрочного сплава после пластической деформации Никоненко Е.Л., Попова Н.А., Конева Н.А.	269
Микроволокна ацетат целлюлозы, модифицированные наноструктурами AlOOH/Fe₂O₃: синтез, свойства и антимикробная активность Бакина О.В., Казанцев С.О., Кондранова А.М., Рубцов К.В.	271
Изменение морфологии поверхности и твёрдости поверхностного слоя сплава TiNi в зависимости от числа импульсов воздействия электронным пучком Дьяченко Ф.А., Атовуллаева А.А., Яковлев Е.В., Мейснер Л.Л.	272