

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения  
Российской академии наук

## **МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

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

**19 - 23 сентября 2016 г.**

**Томск, Россия**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

Тезисы докладов Международной конференции  
«Перспективные материалы с иерархической структурой  
для новых технологий и надежных конструкций»  
19-23 сентября 2016 г., Томск, Россия.  
ИФПМ СО РАН, 2016. – 488 с.

«Мероприятие проведено при финансовой поддержке Российского  
фонда фундаментальных исследований, Проект №16-08-20575\16 г»

Ближний порядок и электронные свойства в эпитаксиальном графене <i>Бобенко Н.Г., Егорушкин В.Е., Мельникова Н.В., Пономарев А.Н., Белослудцева А.А., Баркалов Л.Д., Латышев А.М., Истомина Е.Б., Бобенко А.В.</i>	115
Особенности локализации деформации в аустенитной стали в условиях термомеханических обработок <i>Литовченко И.Ю., Аккузин С.А., Полехина Н.А., Тюменцев А.Н.,</i>	117
Наноструктурные состояния с предельно минимальными размерами кристаллитов и твердостью, близкой к теоретической <i>Дитенберг И. А., Тюменцев А. Н., Корзников А. В., Корчагин М. А.</i>	118
Влияние длительности рекристаллизационного отжига на неупругие свойства при изгибе образцов бинарного сплава на основе TiNi <i>Гришков В.Н., Лотков А.И., Батулин А.А., Тимкин В.Н., Жапова Д.Ю.</i>	119
Эффект соре в условиях локального нагрева слоистых материалов <i>Чепак-Гизбрехт М.В.</i>	120
Влияние легирующих добавок на триботехнические свойства спечённого сплава Al-40Sn <i>Русин Н.М., Скоренцев А.Л., Креницын М.Г.,</i>	121
Mechanical properties of ultrafine-grained light alloys after treatment by severe plastic deformation <i>Kozulin A.A., Krasnoveikin V.A., Skripnyak V.A.</i>	122
Зависимость параметров структурно-фазового состояния и микротвёрдости сплава системы V–Cr–Ta–Zr от температуры <i>Гриняев К. В., Цверова А. С., Смирнов И. В., Дитенберг И. А., Тюменцев А. Н., Чернов В. М.</i>	123
Анализ текстуры, формирующейся в стали 12ГБА в ходе контролируемой теплой прокатки <i>Дервягина Л.С., Гордиенко А.И.</i>	124
Formation of a fine-grained microstructure in an Al-Mg-Mn-Zr alloy by conventional method <i>Kulitckiy V., Mogucheva A., Kaibyshev R.</i>	125
Модификация структуры термически обработанной стали 10Г2ФБЮ и ее свойства при растяжении <i>Дервягина Л.С., Почивалов Ю.И., Гордиенко А.И.</i>	126
Позитронная аннигиляционная спектроскопия дефектов вакансионного типа в субмикроструктурной меди при отжиге <i>Кузнецов П.В., Лидер, А.М., Бордулев Ю.С., Лантев Р.С., Мионов Ю.П., Рахматулина Т.В., Корзников А.В.</i>	128
Количественная характеристика ультрамелкозернистой структуры стали 12ГБА с помощью сканирующей туннельной микроскопии <i>Панин В.Е., Кузнецов П.В., Рахматулина Т.В., Шумакова Д.А.</i>	129

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

---

структурой демонстрируют плохую пластичность и низкую прочность. Напряжение течения спечённых по оптимальному режиму образцов с кремнием и цинком также оказалось несколько ниже, чем у образцов того же состава на основе чистого алюминия. Исследование их структуры показало, что на границе «Al-Sn» образуются многочисленные мелкие поры, которые при нагружении материала становятся местами зарождения трещин, растущих затем вдоль границ раздела фаз. В то же время, жидкая фаза активно препятствует столкновению частиц твёрдой фазы и, следовательно, их срастанию в непрерывный прочный каркас, препятствующий локализации деформации при пластическом течении материала.

Испытание спечённых образцов на трение в паре с сухим стальным диском по схеме “палец – диск” показало, что износостойкость их не превышает износостойкости образцов с чистой алюминиевой матрицей. При этом интенсивность изнашивания спечённых композитов сильно зависела от связанности матричного каркаса. На основании полученных результатов сделан вывод, что для улучшения триботехических свойств спечённые образцы с легированной матрицей следует подвергать дополнительной обработке давлением с целью их упрочнения и уплотнения.

Работа выполнена в рамках проекта СО РАН (программа III.23.2.4) при частичном финансировании по проектам РФФИ № 16-08-00603 и №16-38-00236.

### Литература:

1. Русин Н.М., Скоренцев А.Л. Способ получения износостойкого антифрикционного сплава // Патент RU 2552208. – опублик. 10.06.2015.

## MECHANICAL PROPERTIES OF ULTRAFINE-GRAINED LIGHT ALLOYS AFTER TREATMENT BY SEVERE PLASTIC DEFORMATION

Kozulin A.A., Krasnovеikin V.A., Skripnyak V.A.

<sup>1</sup>Tomsk State University, Tomsk, Russia

kzln2015@ya.ru

The aim of this research is to determine the variations in mechanical properties of ultrafine-grained (UFG) light structural Al-based 1560 and Mg-based AZ31 alloys after their processing by the methods of severe plastic deformation (SPD). An interest in these alloys stems from their special mechanical properties: high strength, hardness, friction coefficients and wear resistance, high-strain-rate superplasticity, fatigue strength and mechanical behavior under dynamic loading, which significantly differ from those of their polycrystalline counterparts.

Samples of magnesium alloy AZ31 and aluminum alloy 1560 were manufactured from the blocks (measuring 8 x 8 x 40 mm) subjected to processing by the method of equal-channel angular pressing (ECAP) and as-received. Each block had undergone a 4 passes on the B<sub>c</sub> route.

Microstructure of specimens was analyzed for determination of a shape and grain size distribution in the volume. The mechanical properties were determined by microhardness tests and tensile tests under quasi-static loading.

Examination of the microstructure of the samples showed that samples of the as-received AZ31 alloy had a grain size distribution in the size range from 2 to 60 μm, and average grain size was equal to 18 μm. The grain size as received aluminum alloy had a distribution in the range from 4 to 400 μm, the average grain size of 50 μm. After 4 ECAP passes under the optimally selected conditions, a more uniform structure is formed within the bulk of the UFG-structure with the average grain sizes are 2.5 and 7 μm for aluminum and magnesium alloys, respectively.

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

The data obtained indicate that after ECAP micro hardness increases in the entire volume of the blocks. After 4 ECAP passes, an increase in micro hardness from its initial value makes on average 50-60 % and the maximum value reaches 980 and 1600 MPa, with the initial micro hardness being as low as 560 and 1000 MPa for aluminum and magnesium alloy, respectively. In the Central part of the samples, the microhardness is slightly higher (10%) compared to the average value. The deviation of the microhardness from the average value in the Central part of the sample along the axis and in the transverse direction was within 10%.

The increase in the yield strength and the tensile strength of the investigated aluminum and magnesium alloy after four ECAP passes were determined. The yield strength of 1560 aluminum alloy and magnesium alloy AZ31 increased from 150 to 270 MPa and from 150 to 200 MPa, respectively. The tensile strength increased from 320 to 460 MPa for aluminum alloy and from 250 to 290 MPa for magnesium alloy.

All these data prove that ECAP ensures an improvement of strength characteristics of both investigated bulk light constructional alloys.

This study was supported by the Grant of the President of the Russian Federation for the young scientists (grant no. МК-5914.2016.1).

### **ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ И МИКРОТВЁРДОСТИ СПЛАВА СИСТЕМЫ V–Cr–Ta–Zr ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ**

Гриняев К. В. <sup>1,2,3</sup>, Цверова А. С. <sup>1</sup>, Смирнов И. В. <sup>1,2</sup>,

Дитенберг И. А. <sup>1,2,3</sup>, Тюменцев А. Н. <sup>1,2,3</sup>, Чернов В. М. <sup>4</sup>

<sup>1</sup>НИ Томский государственный университет, Томск, Россия,

<sup>2</sup>Сибирский физико-технический институт им. В.Д. Кузнецова, Томск, Россия,

<sup>3</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия,

<sup>4</sup>ОАО «ВНИИНМ» им. А.А. Бочвара, Москва, Россия

kvgrinyayev@inbox.ru

Методами просвечивающей электронной микроскопии и микроиндентирования проведено исследование сплава V-6.8Cr-6.1Ta-0.79Zr-0.031C-0.052O (вес. %) после термомеханической обработки по модифицированному режиму [1] и последующих одночасовых вакуумных отжигах при температурах 700 °C-1000 °C.

Установлено, что термомеханическая обработка приводит к формированию в объёме материала высокодефектного структурного состояния с высокой объемной плотностью однородно распределенных наноразмерных ( $\leq 10$  нм) частиц фаз на основе элементов внедрения, обеспечивающих дисперсное упрочнение материала. Указанная модификация сопровождается существенным увеличением значений микротвёрдости от 1.5 ГПа (в исходном состоянии) до 3.64 ГПа.

Проведение высокотемпературных термообработок позволило выявить следующие особенности релаксации дефектной субструктуры и трансформации мелкодисперсных частиц вторых фаз:

– После отжига при 700 °C в материале сохраняется высокая плотность указанных выше наноразмерных частиц фаз внедрения. Начало релаксационных процессов приводит к снижению микротвёрдости до 3 ГПа.

– В процессе термообработки при 800 °C интенсивное развитие процессов релаксации приводит к заметному снижению плотности дефектов и уменьшению значений микротвёрдости до 2,64 ГПа. Гетерофазная структура сплава практически не изменяется: размер и объемная плотность мелкодисперсных частиц те же, что после отжига при 700 °C.