

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ СО РАН  
АО «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «АЛТАЙ»  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПРОЧНОСТИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ СО РАН  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ФАРМАКОЛОГИИ И РЕГЕНЕРАТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ  
ИМЕНИ Е.Д. ГОЛЬДБЕРГА  
ТП «МОДЕЛИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ СИСТЕМ»  
ТП «МЕДИЦИНА БУДУЩЕГО»  
ЯПОНСКОЕ АГЕНСТВО АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ЭДИНБУРГА  
ЛИОНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ I ИМ. КЛОДА БЕРНАРА  
КОМПАНИЯ MACH I, INC.

# **ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ: ДЕМИЛИТАРИЗАЦИЯ, АНТИТЕРРОРИЗМ И ГРАЖДАНСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ**

Сборник тезисов  
XIV Международной конференции «НЕМs-2018»  
3–5 сентября 2018 года  
(г. Томск, Россия)

Томск  
Издательский Дом Томского государственного университета  
2018

## **ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ ЖАРОПРОЧНОГО СПЛАВА НА ОСНОВЕ NI-AL-CO**

**Конева Н.А.<sup>1</sup>, Потекаев А.И.<sup>2</sup>, Никоненко Е.Л.<sup>1</sup>, Попова Н.А.<sup>1</sup>, Клопотов А.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск*

<sup>2</sup> *Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск*

*E-mail: vilatomsk@mail.ru*

Свойства жаропрочных никелевых сплавов для современного машиностроения определяются термической стабильностью структуры, размерами, формой и количеством упрочняющей  $\gamma'$ -фазы, прочностными характеристиками  $\gamma$ -твердого раствора. Обычно такие сплавы упрочняют путем легирования. Последнее поколение таких сплавов легируется рением. Рений, является активным фазообразующим элементом. Такое легирование обеспечивает увеличение рабочей температуры за счет высокой температуры плавления образующихся фаз.

Целью работы являлось качественные и количественные исследования структуры, фазового состава, морфологии фаз сложнолегированного жаропрочного сплава, дополнительно легированного Re, как в исходном состоянии, так после отжига и ползучести.

Методами просвечивающей дифракционной и растровой электронной микроскопии проведены исследования фазового состава и структуры сплава на основе Ni-Al-Co, легированного рением (~3 ат.%). Исходное состояние представляет собой сплав после направленной кристаллизации (НК). Далее сплав подвергался отжигу при 900<sup>0</sup>С в течение 1143 часов. Кроме того сплав был подвергнут испытаниям на ползучесть при той же температуре и времени испытания при нагрузке 400 МПа.

Установлено, что основными фазами во всех состояниях являются  $\gamma$ - и  $\gamma'$ -фазы на основе ГЦК кристаллической решетки. Рений, введенный в сплав, находится в интерметаллидах, а не в  $\gamma$ - и  $\gamma'$ -фазах и является фазообразующим элементом.

В зависимости от состояния сплава, наряду с основными фазами, присутствует ряд вторичных фаз:  $\sigma$ -фаза, фаза Лавеса,  $\chi$ -фаза и AlRe<sub>2</sub>.

Изучено влияние отжига и ползучести на фазовый состав и объемные доли присутствующих фаз, на размер и форму квазикубоидов  $\gamma'$ -фазы, а также на дислокационную структуру сплава.

Исследования показали, что высокотемпературное воздействия меняет фазовый состав: отжиг увеличивает объемную долю  $\gamma'$ -фазы, ползучесть наоборот, уменьшает долю  $\gamma'$ -фазы и увеличивает долю  $\gamma$ -фазы. Отжиг привел к изменению фазового состава вторичных фаз: в исходном состоянии наблюдалось небольшое количество  $\chi$ -фазы, после отжига эта фаза не обнаружена, зато присутствует другая фаза – алюминид рения AlRe<sub>2</sub>, после ползучести и этой фазы не обнаруживается, но образовались фаза Лавеса и  $\sigma$ -фаза.

Установлено, что воздействие отжига на форму квазикубоидов иное, чем при ползучести: при отжиге форма квазикубоидов близка к параллелепипеду, а при ползучести их форма сфероидизируется.

Во всех состояниях в  $\gamma$ - и  $\gamma'$ -фазах присутствуют дислокации. Исследования показали, что поведение дислокационных структур в условиях отжига и ползучести различается, а именно: плотность дислокаций в  $\gamma$ -фазе выше, чем в  $\gamma'$ -фазе при отжиге, а при ползучести – наоборот.