



Рис. 1. Зависимость предела прочности от ЛПЭ

Также в работе была исследована микротвердость образцов после выращивания и после процесса гомогенизации. Произведена оценка деформации при разрушении образцов, проведен фазовый анализ сплавленного

материала. Для оценки качества сплавления частиц металлического порошка проведены металлографические исследования структуры.

Исследование влияния режимов СЛС позволит получить качественную структуру материала интерметаллидного сплава, что в свою очередь даст возможность применять данный материал при изготовлении сложно-профильных деталей горячего тракта газотурбинных двигателей.

#### Библиографический список

1. Базылева О.А., Аргинбаева Э.Г., Туренко Е.Ю. Жаропрочные литейные интерметаллидные сплавы. журнал «Авиационные материалы и технологии», 2012.

УДК 621.785+629.735.084

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ НА ДИФФУЗИОННЫЙ РОСТ ПОР В ЖАРОПРОЧНОМ СПЛАВЕ ПРИ ТЕРМОУСТАЛОСТИ

©2016 А.К. Емалетдинов, А.В. Галактионова

Уфимский государственный авиационный технический университет

#### THE MODELING OF INFLUENCE OF STRUCTURE ON THE DIFFUSIVE VOID GROWTH IN HEAT RESISTING ALLOY AT TERMOFATIGUE

Emaletdinov A.K., Galaktionova A.V. (Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation)

*The vacancy kinetic in nanocrystalline heat resisting alloy is discussed. The system of the equations for vacancy density is received. The analysis of solutions of system is carried out.*

Эволюция вакансионной системы и зарождение пор под действием циклической термомеханической нагрузки определяют долговечность наноструктурных двухфазных сплавов, например жаропрочных сплавов. Рассмотрена задача влияния дислокационной структуры, мисфита, поверхностной энергии на диффузионный рост пор в жаропрочном сплаве при термоусталости. Кинетика вакансий определяется диффузионным уравнением с источником вакансий по термоактивационному механизму с учётом диффузионных и термических напряжений, а также концентрации напряжений возле включений. Проведены численные расчёты неоднородной

концентрации вакансий в зёрнах интерметаллидов и никелевой прослойке при действии термомеханической нагрузки и различных значениях параметров. Рассмотрено влияние концентрационных и диффузионных напряжений при циклической термомеханической нагрузке на энергию образования вакансий и скорость их зарождения. Величина концентрационных напряжений зависит от размерного несоответствия атомов и модулей сжимаемости компонентов. Сделаны оценки возникающих дополнительных потоков вакансий, определяемых уменьшением энергии зарождения благодаря уменьшению модулей упругости и межатомной

энергии связи при высоких температурных полях, собственной энергии дислокаций, границ зёрен и концентрации напряжений. Выполнены численные расчёты кинетики избыточной концентрации вакансий и потоков вакансий на поверхность поры с учётом при действии различных стоков и критического размера поры под действием термомеханических нагрузений. Рассмотрена кинетика

роста поры при поглощении избыточной неравновесной концентрации вакансий с учётом температурной зависимости коэффициента диффузии вакансий и упругих модулей сплава. Рассмотрено влияние зернограничной диффузии и поглощения дислокационной сетки на скорость роста поры, проведены численные расчёты.

УДК 629.735.084

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАРЕНИЯ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА СВАРНОЙ ЗОНЫ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ СВАРНОГО ШВА ПРИ ТЕРМОУПРУГОМ НЕСТАЦИОНАРНОМ НАГРУЖЕНИИ**

©2016 А.К. Емалетдинов, Г.И. Каранаева

Уфимский государственный авиационный технический университет

### **THE MODELING OF AGING STRUCTURE WELD METAL ZONE DURABILITY AND WELD AT THERMOELASTIC NONSTATIONARY LOADING**

Emaletdinov A.K., Karanaeva G.I. (Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation)

*The vacancy kinetic in nanocrystalline heat resisting alloy is discussed. The system of the equations for vacancy density is received. The analysis of solutions of system is carried out.*

На эксплуатационные свойства материалов элементов газотурбинных двигателей (ГТД) большое влияние оказывает дислокационная структура, возникающая в сварной зоне соединяемых деталей. При термоциклическом воздействии в сварной зоне и в слое припоя происходят циклические термо- и упругопластические деформации. В результате происходит эволюция дислокационной структуры, изменяющая механические свойства элементов, и возникают усталостные трещины, которые определяют долговечность элементов. Проведено исследование длительной прочности шва при случайном термоциклическом воздействии с учётом деформационного старения металла. Записана полная система уравнений, описывающая кинетику накопления повреждений и деформационного старения металла и включающая стохастическое уравнение для функции потери ресурса, повреждаемости, изменения структурных и механических свойств. Методом малого параметра и в приближении постоянства кумулянтов много-

мерной корреляционной функции потери ресурса, была получено уравнение Фоккера - Планка - Колмогорова для функции, плотности распределения вероятности функции потери ресурса, содержащее коэффициенты, зависящие от плотности распределения термоупругих напряжений, их среднего значения, дисперсии, структурных параметров: дислокаций, микротрещин и внутренних напряжений от дефектов. Проведено решение задачи для случая нормальной плотности распределения температурного воздействия методом приближений. В первом приближении действие случайного температурного воздействия уменьшает долговечность металла на величину, экспоненциально зависящую от средней величины термоупругих напряжений. Влияние изменения механических характеристик вследствие деформационного старения структурных параметров: дислокаций, микротрещин и внутренних напряжений проявляется во втором порядке приближений.