

## ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

УДК 539.12

А.И. ПОТЕКАЕВ<sup>1,2</sup>, А.А. ЧАПЛЫГИНА<sup>3</sup>, П.А. ЧАПЛЫГИН<sup>3</sup>, М.Д. СТАРОСТЕНКОВ<sup>3</sup>,  
В.В. КУЛАГИНА<sup>2,4</sup>, А.А. КЛОПОТОВ<sup>2,5</sup>, Л.С. ГРИНКЕВИЧ<sup>1</sup>

**ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВАКАНСИЙ НА СЛАБОУСТОЙЧИВЫЕ  
ПРЕДПЕРЕХОДНЫЕ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ СОСТОЯНИЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНТЕРМЕТАЛЛИДА NiAl**

С помощью метода Монте-Карло на примере интерметаллида NiAl рассмотрено влияние концентрации вакансий на структурно-фазовые состояния и энергетические характеристики в процессе нагрева и охлаждения. Проведенный анализ показал, что наличие и концентрация вакансий оказываются существенными факторами в области предпереходных слабоустойчивых структурно-фазовых состояний перед превращением. С одной стороны, наличие вакансий и их концентрация не влияют на температурные диапазоны структурно-фазовых превращений, с другой – оказывают существенное влияние на сами предпереходные слабоустойчивые структурно-фазовые состояния и скорость протекания диффузионных процессов. Из температурного поведения параметра ближнего порядка следует, что чем выше концентрация вакансий (т.е. выше дефектность системы), тем при более высоких температурах появляются тенденции повышения атомного порядка за счет интенсификации диффузионных процессов. Это свидетельствует, в свою очередь, о повышении температуры начала структурных превращений с повышением его дефектности в ходе охлаждения. Анализ температурных зависимостей параметра дальнего порядка интерметаллида позволяет заключить, что повышение концентрации вакансий (т.е. повышение дефектности сплава), приводит к естественному результату – понижению дальнего порядка в системе в области слабоустойчивых предпереходных состояний и повышению температуры начала превращения.

*Ключевые слова:* интерметаллид, слабоустойчивые предпереходные состояния, атомный порядок, структурные дефекты.

**Введение**

Металлические материалы с ОЦК-структурой в настоящее время широко используются из-за своих уникальных физико-механических свойств. Среди них можно выделить две группы, представители которых имеют отличные структурно-фазовые особенности и закономерности поведения, особенно в высокотемпературной области слабоустойчивых предпереходных состояний: традиционные сплавы (например, сплавы системы Cu–Zn) и интерметаллиды (например, сплавы системы Ni–Al).

Алюминид никеля активно исследуется как потенциальный структурный материал для авиационной и космической промышленности. Полезными характеристиками NiAl являются высокая температура плавления, относительно низкая плотность, хорошая химическая стойкость, высокая теплопроводность, высокая прочность, металлоподобные свойства. NiAl может относительно легко обрабатываться. Основные недостатки беспримесного NiAl – низкая ударная вязкость и сопротивление повреждениям при комнатной температуре, а также низкая прочность и ползучесть при повышении температуры. Низкая плотность может давать снижение массы до 40 % по сравнению с никелевыми сплавами, а высокая теплопроводность обеспечивает эффективное охлаждение и значительное уменьшение температуры рабочей поверхности материала (например, лопатки турбины газотурбинного двигателя).

Характерным признаком сплавов системы Ni–Al является высокая энергия упорядочения. Интерметаллид NiAl и твердые растворы замещения на его основе обладают высокой степенью дальнего порядка, сохраняющейся во всей температурно-концентрационной области их существования вплоть до температуры плавления.

Наличие смешанной ковалентной, ионной и металлической межатомной связи в NiAl предопределяет большой объем элементарной ячейки и большой вектор Бюргерса, уменьшение независимых эквивалентных систем скольжения, сложность реакций взаимодействия дислокаций друг с другом, с границами разного рода и дефектами упаковки, обуславливает локализацию скольжения, затрудняет передачу деформации через границу. Большая величина сил межатомного взаимодействия в решетке моноалюминида никеля и обуславливает, главным образом, свойства  $\beta$ -сплавов [1].

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала  
**«Известия высших учебных заведений. Физика»**  
осуществляется на платформе  
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU  
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>