

водит к возникновению точек раздела граничных условий.

Контактная задача для гибкой вертикальной стенки из физически нелинейного материала, находящейся в упругом основании с ломаным контуром под действием горизонтальной нагрузки была поставлена и численно решена с учетом двух типов нелинейностей: физической, связанной с нелинейной диаграммой деформирования материала стенки, и конструктивной, вызванной свойствами упругого основания.

Расчет выполнен способом Б. Н. Жемочкина [1] и подтвержден методом конечных разностей (для стенки из физически линейного/нелинейного материала).

На основании полученной методики расчета гибкой стенки ломаного очертания с учетом нелинейного деформирования материала стенки и конструктивной нелинейности, вызванной свойствами упругого основания, составлена компьютерная программа расчета системы «шпунтовое ограждение – грунт». Данная программа принята ОАО Минскметропроект для внедрения в практику проектирования на объекте «Участок продления первой линии Минского метрополитена от ст. Петровщина до ст. Малиновка».

Литература

1. Жемочкин Б. Н. *Практические методы расчета фундаментных балок и плит на упругом основании* / Б. Н. Жемочкин, А. П. Сеницын. – М.: Госстройиздат, 1962. – 240 с.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ САМООРГАНИЗАЦИИ МЕЖФАЗНЫХ ГРАНИЦ В ИНТЕРМЕТАЛЛИДАХ

Дудник Е. А., Скоробогатов М. С., Дудник Д. В.

Рубцовский индустриальный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Алтайский государственный

технический университет им. И. И. Ползунова»

Россия, 658207, Рубцовск, ул. Тракторная, д. 2/6

evgdudnik@yandex.ru

Известно, что упрочнение упорядочивающихся сплавов связано с торможением сверхдислокаций [1]. В структуру сверхдислокаций, носителей пластической деформации в упорядочивающихся сплавах, входят плоские дефекты, такие как антифазные границы и дефекты упаковки, влияние которых имеет важное значение, но почти не исследовалось. Одним из механизмов упрочнения сплавов является доменнограничное торможение сверхдислокаций, наличие антифазных доменных границ различного типа, в этом случае размер, форма доменов и механизмы их самоорганизации играют определяющую роль.

Процесс атомного упорядочения является сложным, многостадийным и многофакторным, поэтому исследования промежуточных равновесных и неравновесных состояний способствуют более глубокому пониманию происходящих процессов и выявлению новых атомных механизмов структурных превращений, их самоорганизации и взаимодействию. Важность исследования атомных механизмов структурных превращений заключается в локальном из-

менении структуры, которое может привести к кардинальным изменениям сверхструктурного состояния фаз. Например, сплавы с одним тем же значением дальнего порядка, но с различной доменной структурой, имеют разные прочностные свойства. Исследование механизмов формирования сверхструктуры дает ключ к получению сплавов с оптимальными свойствами. Отличительными чертами фазового перехода порядок-беспорядок являются диффузионный характер превращения, а также взаимосвязь дальнего и ближнего порядка в расположении атомов с группами симметрии фаз и со структурными особенностями системы. В упорядочивающихся сплавах структурные превращения происходят при условии стремления системы к сохранению сверхструктурного порядка. Атомные механизмы структурных превращений состоят из нескольких шагов, имеют сложный характер, где наиважнейшую роль играет геометрический фактор. Перестройка сверхструктуры, в частности, самоорганизация антифазных границ при образовании границ, миграции границ связана с геометрической формой доменов, длиной границ, расположением структурных дефектов [2]. Проблема выявления геометрического фактора атомных механизмов сверхструктурных превращений в процессе атомного упорядочения исследовалась в данной работе. Применение эффективных методов численного моделирования, которые позволяют изучать динамику физических процессов, происходящих на различных масштабных уровнях, с использованием визуализации, стало естественным и достаточно распространенным.

Целью работы является с помощью численного эксперимента на атомном уровне выявление механизмов формирования доменной структуры, влияния различных факторов (температура, геометрия дефектов, фазовый состав и деформация) на кинетику сверхструктурных превращений и разработка теоретических представлений механизмов фазового перехода порядок-беспорядок на основе новых схем описания сверхструктурных превращений в упорядочивающихся сплавах.

Методом имитационного моделирования в зависимости от температуры было проведено комплексное исследование роли антифазных границ трансляционного типа в процессе фазового перехода порядок-беспорядок и его влияние на основные параметры, выявлены механизмы формирования микродоменов вблизи границы раздела фаз в упорядочивающихся сплавах. В качестве модельного сплава взят сплав Ni_3Al .

Исследовалось влияние деформации на основные характеристики сверхструктурных превращений в трехмерной модели сплавов с ГЦК решеткой, проведен сравнительный анализ кинетики изменений сверхструктурных фаз после разрушения под действием деформации в упорядочивающихся сплавах.

Определено, что основным механизмом самоорганизации сверхструктурных превращений являются антифазные трубки («цепочки» из точечных дефектов замещения, расположенные вдоль кристаллографического направления). Выявлены три диффузионных механизма образования антифазных трубок: вакансионный, обменный, краудионный. Механизм миграции, роста антифазных трубок и превращения их в антифазные домены состоит в оса-

ждении точечных дефектов замещения на границы микродомена. Препятствием миграции антифазных границ при термоактивации сплава является образование тройных стыков и сегрегация антифазных трубок вдоль границы.

Разработана модель сверхструктурного фазового перехода на основе эволюции доменной структуры: на первом этапе образуются антифазные трубки, на втором этапе происходит превращение антифазных трубок в домены, на третьем этапе домены размываются неупорядоченной фазой в процессе разупорядочения или упорядочиваются до крупнодоменной структуры.

Получены, в зависимости от свойства антифазных границ, характеристики размера, формы микродоменов, образованных вдоль сдвиговых и термических границ в упорядочиваемом сплаве. Вблизи сдвиговых границ образуются микродомены малого размера по сравнению с доменами равноосной формы вблизи термических границ.

Выявлена схожесть механизмов сверхструктурных превращений вблизи границ при разупорядочении сплава и при деформации растяжения.

Найдена схема механизма сверхструктурных превращений в зависимости от температуры, в области высоких температур плоский дефект трансформируется в дефект равноосной (округлой) формы, с понижением температуры энергетически выгодна плоская форма.

Выявлено, что при всесторонней деформации образца корреляция между изменениями параметра дальнего порядка и доменной структуры, уменьшение доли доменов ведет к понижению дальнего порядка. В то же время увеличение отклонения степени ближнего порядка от идеального значения прямо пропорционально числу атомов, принадлежащих антифазным доменам.

При деформации образца найдена корреляция между параметром дальнего порядка и доменной структурой, а также между степенью ближнего порядка и числом атомов, принадлежащих антифазным доменам.

Представлены механизмы образования доменов на четырех стадиях деформации: на первой стадии упругой деформации – образование антифазных трубок; на второй стадии пластической деформации – образование антифазных доменов; на третьей стадии течения – потеря кристалличности; на четвертой стадии – разрушение и релаксация.

В результате компьютерного эксперимента установлено, что на поверхности сплава Ni_3Al нарушение сплошности в направлении оси деформации обусловлено образованием «цепочек из точечных дефектов замещения» на первой стадии деформации. Область с высокой энергией соответствует направлению скольжения блока кристалла во второй стадии деформации.

В результате компьютерного эксперимента получено и обосновано, что кластеры, обогащенные Ni , обуславливают появление магнитного момента в области разрыва при одноосной деформации растяжения до разрушения образца Ni_3Al .

Литература

1. Гринберг Б. А., Сюткина В. И. *Новые методы упрочнения упорядоченных сплавов.* – М.: Металлургия. – 1985. – 174 с.

2. Дудник Е. А. *Исследование механизмов миграции дефектов вакансионного типа в двумерном упорядоченном сплаве Ni3Al* // Известия РАН. Серия физическая. – 2005. – Т. 69, № 7. – С. 977 – 980.

ПОСТРОЕНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДКИ

Журавков М. А., Коновалов О. Л., Круподеров А. В.

Белорусский государственный университет
220030, Республика Беларусь, г. Минск, пр. Независимости 4
zhuravkov@bsu.by, konovalov@bsu.by, krupoderov@tut.by

В статье приводятся результаты построения трехмерных геомеханических моделей участков отработки полезных ископаемых на основании данных геологоразведки и сейсмопрофилирования.

Основной целью исследований является оценка естественного напряженно-деформированного состояния массива горных пород на исследуемом участке отработки при различных техногенных условиях. Основная сложность при построении компьютерных моделей и последующего компьютерного моделирования заключается в том, что массив имеет сложное тектоническое строение, в частности это может быть наличие большого количества разломов в нем, а также выклинивание и пересечение горизонтов.

Основными используемыми методами при проведении расчетов являлись методы механики сплошных сред [1], в частности, методы механики деформируемого твердого тела, а также метод конечных элементов для численного решения системы разрешающих уравнений.

Исходными данными для построения моделей являются геологические карты и информация по сейсмическим профилям, которая соответствующим образом обрабатывается для дальнейшего использования. В итоге строятся реальные поверхности разломов и горизонтов. На рисунке 1 представлен пример построения согласованной геологической модели:

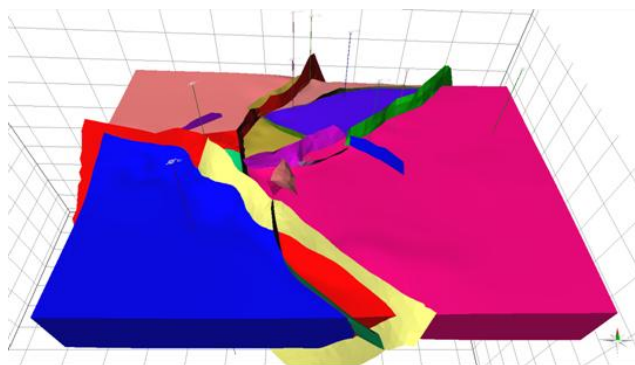


Рисунок 1 – Пример построения согласованной геологической модели

Для более высокой скорости расчета исходные поверхности аппроксимируются плоскостями. Полученные поверхности подвергаются дальнейшей