



**О.Б. Перевалова
Е.В. Коновалова
Н.А. Конева
Э.В. Козлов**

**ВЛИЯНИЕ АТОМНОГО УПОРЯДОЧЕНИЯ
НА ЗЕРНОГРАНИЧНЫЕ АНСАМБЛИ
ГЦК-ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ**

**ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПРОЧНОСТИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ СО РАН
СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ХАНТЫ-МАНСКИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**О.Б. Перевалова, Е.В. Коновалова,
Н.А. Конева, Э.В. Козлов**

ВЛИЯНИЕ АТОМНОГО УПОРЯДОЧЕНИЯ НА ЗЕРНОГРАНИЧНЫЕ АНСАМБЛИ ГЦК-ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ



ТОМСК
«Издательство НТЛ»
2014

УДК 539.22.669.24: 669.234.001.5
B586

B586 Перевалова О.Б., Коновалова Е.В., Конева Н.А., Козлов Э.В.
Влияние атомного упорядочения на зернограничные ансамбли
ГЦК-твердых растворов. – Томск: Изд-во НТЛ, 2014. – 248 с.

ISBN 978-5-89503-550-4

В монографии представлены результаты экспериментального исследования зеренной структуры, параметров зернограничного ансамбля и параметров твердого раствора в ГЦК-неупорядоченных сплавах и сплавах с ближним и дальним атомным порядком со сверхструктурой $L1_2$. Выявлено влияние энергии дефекта упаковки в неупорядоченных сплавах и сплавах с ближним порядком, фазового перехода $A1 \rightarrow L1_2$, энергии комплексного дефекта упаковки, энергии антифазных границ, энергии упорядочения, степени дальнего атомного порядка и размеров антифазных доменов в упорядоченных сплавах на параметры твердого раствора, зеренной структуры и зернограничного ансамбля, спектр специальных границ зерен и их энергию, а также долю двойников $\Sigma 3$. Для сплавов со сверхструктурой $L1_2$, как однофазных, так и многофазных на основе Ni_3Al , установлена взаимосвязь между долей двойников $\Sigma 3$ в спектре специальных границ и среднеквадратичным смещением атомов. Показана роль двойников $\Sigma 3$ в пластическом деформировании сплава в зависимости от состояния атомного порядка.

Предназначена для специалистов, работающих над созданием зернограничных ансамблей в сплавах – неупорядоченных твердых растворах и упорядочивающихся со сверхструктурой $L1_2$.

УДК 539.22.669.24: 669.234.001.5

ISBN 978-5-89503-550-4

© О.Б. Перевалова, Е.В. Коновалова,
Н.А. Конева, Э.В. Козлов, 2014

© Оформление. Дизайн.
ООО «Издательство НТЛ», 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
Глава 1. Зернограничные ансамбли в однофазных неупорядоченных и с ближним атомным порядком твердых растворах с ГЦК-структурой на основе никеля, палладия и меди.....	6
1.1. Расположение границ общего и специального типов в зернограничном ансамбле. Кристаллографический анализ границ зерен и тройных стыков	6
1.2. Статистический анализ зеренной структуры твердых растворов методами оптической металлографии	18
1.3. Статистический анализ параметров границ зерен в твердых растворах методами ПЭМ, ДОРЭ и ОМ.....	27
Глава 2. Влияние энергии дефекта упаковки на параметры зернограничного ансамбля твердых растворов с ГЦК-структурой и их взаимосвязь с упругой микродеформацией кристаллической решетки и смещением атомов	37
2.1. Влияние энергии дефекта упаковки на параметры зернограничного ансамбля в твердых растворах на основе никеля, палладия и меди	37
2.2. Зависимость упругой микродеформации кристаллической решетки и смещения атомов от концентрации легирующих элементов в твердых растворах на основе меди Cu – Al и Cu-Mn и их взаимосвязь с параметрами зернограничного ансамбля.....	43
Глава 3. Влияние параметров твердого раствора и зеренной структуры на механические свойства сплавов с ГЦК-структурой.....	55

3.1. Влияние параметров твердого раствора и зеренной структуры на предел текучести сплавов на основе меди Cu – Al и Cu – Mn.....	55
3.2. Барьерный эффект от границ общего типа и двойников $\Sigma 3$ при пластической деформации сплавов с ГЦК-структурой.....	58
3.3. Взаимосвязь между внутризеренным дислокационным скольжением и эволюцией дефектной структуры границ зерен общего типа и двойников $\Sigma 3$	62
Глава 4. Изменение атомной структуры границ зерен и зернограничного ансамбля при фазовом переходе $A1 \rightarrow L1_2$.....	74
4.1. Атомная структура в бинарном сплаве со сверхструктурой $L1_2$ в модели решетки совпадающих узлов.....	74
4.2. Изменение зернограничного ансамбля при фазовом переходе $A1 \rightarrow L1_2$ в сплавах стехиометрического состава на основе никеля и палладия при ступенчатом упорядочивающем отжиге.....	85
4.2.1. Изменение зернограничного ансамбля в сплаве Ni_3Fe при фазовом переходе $A1 \rightarrow L1_2$	87
4.2.2. Изменение зернограничного ансамбля в сплаве $Ni_3(Fe, Cr)$ при фазовом переходе $A1 \rightarrow L1_2$	97
4.2.3. Изменение зернограничного ансамбля в сплаве Ni_3Mn стехиометрического состава при фазовом переходе $A1 \rightarrow L1_2$	103
4.2.4. Изменение зернограничного ансамбля в сплаве Pd_3Fe при фазовом переходе $A1 \rightarrow L1_2$	109
Глава 5. Влияние режима изотермического упорядочивающего отжига при температуре двухфазного состояния $A1$ и $L1_2$ на перестройку зернограничного ансамбля в сплаве Pd_3Fe, степень дальнего атомного порядка и микроструктуру.....	118
5.1. Влияние режима изотермического упорядочивающего отжига на зеренную структуру.....	119
5.2. Влияние режима изотермического отжига на степень дальнего атомного порядка.....	124

5.3. Влияние режима изотермического отжига на микроструктуру.....	131
5.4. Влияние степени дальнего атомного порядка на параметры твердого раствора и зернограничного ансамбля.....	135
Глава 6. Зернограничный ансамбль в упорядоченном сплаве Ni_3Mn нестехиометрического состава.....	140
6.1. Влияние отклонения от стехиометрического состава сплава Ni_3Mn на фазовый состав, степень дальнего атомного порядка и параметры зернограничного ансамбля.....	140
6.2. Влияние степени дальнего атомного порядка на параметры твердого раствора и зернограничного ансамбля в сплаве Ni_3Mn	148
Глава 7. Влияние размеров антифазных доменов на степень дальнего атомного порядка и процессы образования новых границ зерен при упорядочивающем отжиге.....	153
7.1. Влияние антифазной доменной структуры на параметры зернограничного ансамбля сплава Ni_3Mn при отклонении содержания марганца от стехиометрического....	153
7.2. Влияние размеров антифазных доменов на параметры зернограничного ансамбля сплава Pd_3Fe	158
7.3. Взаимосвязь между параметрами твердого раствора и структурой антифазных доменов в сплавах Pd_3Fe и Ni_3Mn	161
Глава 8. Влияние энергии плоских дефектов и параметров твердого раствора на параметры зернограничного ансамбля в однофазных сплавах со сверхструктурой $L1_2$.....	164
8.1. Влияние энергии комплексного дефекта упаковки и энергии АФГ на зерненую структуру сплавов со сверхструктурой $L1_2$	164
8.1.1. Зеренная структура интерметаллида Ni_3Al	165
8.1.2. Влияние энергии комплексного дефекта упаковки и энергии АФГ на среднее число специаль-	

ных границ в расчете на одно «М»-зерно и их относительную энергию в сплавах со сверхструктурой $L1_2$	169
8.2. Взаимосвязь между микродеформацией, среднеквадратичным смещением атомов и параметрами зернограничного ансамбля в упорядочивающихся сплавах со сверхструктурой $L1_2$	172
Глава 9. Роль границ зерен общего и специального типов в пластической деформации однофазного сплава со сверхструктурой $L1_2$.....	177
9.1. Особенности деформационного рельефа на поверхности вблизи границ зерен разного типа в сплаве со сверхструктурой $L1_2$	177
9.2. Закономерности дислокационного скольжения в зернах поликристалла упорядоченного сплава со сверхструктурой $L1_2$ при деформации	180
Глава 10. Влияние легирования бором и гафнием на параметры зернограничного ансамбля, фазовый состав и микроструктуру интерметаллида Ni_3Al.....	194
10.1. Влияние легирования бором и гафнием на фазовый состав и микроструктуру интерметаллида Ni_3Al	195
10.2. Параметры зернограничного ансамбля интерметаллида Ni_3Al при легировании бором и гафнием	208
10.3. Взаимосвязь между параметрами зернограничного ансамбля и параметрами твердого раствора в интерметаллиде Ni_3Al , легированном бором	223
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	226
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	230
ОБОЗНАЧЕНИЯ	243