

УДК 539.43

ДЕФОРМАЦИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ СУБМИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Кашин О. А.¹⁾, Дударев Е. Ф.²⁾, Колобов Ю. Р.¹⁾, Гирсова Н. В.¹⁾

¹⁾ *Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск*

²⁾ *Сибирский физико-технический институт при Томском государственном университете, г. Томск*
kolobovispm@mail.tomsknet.ru

Исследованы закономерности накопления остаточной деформации и эволюции микроструктуры при усталостном нагружении титана технической чистоты ВТ1-0 и сплава ВТ6 в состояниях поставки и после воздействия интенсивной пластической деформации методом равноканального углового прессования. Показано, что изменение микроструктуры в результате равноканального углового прессования приводит к замедлению скорости накопления остаточной деформации при циклическом нагружении. При этом предел выносливости повышается по сравнению с крупнозернистыми материалами для титана ВТ1-0 почти на 50%, для сплава ВТ6 – примерно на 20%.

На основании экспериментальных данных сделаны выводы о развитии деформационных процессов при циклическом нагружении в титане ВТ1-0 и сплаве ВТ6. На начальных стадиях циклирования в титане ВТ1-0 на фоне сформированной в процессе РКУ прессования зеренно-субзеренной структуры идет микропластическая деформация путем зарождения и движения свежих дислокаций. По-видимому, поскольку РКУ прессование сплава ВТ1-0 выполняется при температурах 620–670 К, то при последующем охлаждении имеющиеся в материале дислокации становятся заблокированными. Наличие ультрамелкозернистой структуры снижает эффективность возникающих в процессе деформации концентраторов напряжений, что обеспечивает их релаксацию за счет дислокаций. Когда в материале на определенном этапе возникают дефекты с линейными размерами, превышающими размер элементов субмикроструктурной структуры, например, полосы локализации, то релаксация концентраторов напряжений происходит за счет образования трещины. По-видимому, сильная анизотропия свойств в ГПУ структуре титана приводит к тому, что уже первая зародившаяся трещина становится магистральной.

В сплаве ВТ6 в состоянии заводской поставки в процессе усталостного нагружения происходит образование мартенсита деформации. Наличие свободных от мартенситной структуры зерен α -фазы вблизи зоны разрушения, по-видимому, свидетельствует о том, что при распространении магистральной трещины происходит релаксация напряжений. В сплаве ВТ6, подвергнутом равноканальному угловому прессованию, измельчение микроструктуры обеспечивается формированием мартенситной фазы, причем средний размер мартенситных пластин примерно в два раза меньше по сравнению с мартенситом, образующимся в исходном сплаве при усталостном нагружении. Более дисперсная структура уменьшает эффективность возникающих в процессе деформации концентраторов напряжений, повышая тем самым усталостную прочность материала.

Таким образом, при циклическом нагружении титана ВТ1-0 и сплава ВТ6, подвергнутых равноканальному угловому прессованию, формированию магистральной трещины предшествует микропластическая деформация, обусловленная эволюцией дислокационной субструктуры. В сплаве ВТ6 развитие деформационных процессов при

циклическом нагружении сопровождается образованием мартенситной фазы, закономерности формирования которой во многом определяют усталостные свойства.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта МНТЦ № 2398, Проекта РАН №8.16. Авторы выражают признательность профессору Валиеву Р.З. за предоставленные материалы для исследований

УДК 534.014.1

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР АТОМА ПРИМЕСИ В ПОЛЕ УПРУГИХ НАПРЯЖЕНИЙ КРАЕВОЙ ДИСЛОКАЦИИ

Гашевский В. А.

Университет Франциско Хосе де Кальдас, Богота, Колумбия
vgachevs@uniandes.edu.co

Аннотация

Выполнена оценка энергетических уровней атома примеси в поле упругих напряжений краевой дислокации на основе градиентной теории дислокаций в приближении двумерного гармонического осциллятора. Приведены численные результаты для атома бора в кристалле кремния.

Введение

Градиентная теория упругости устранила сингулярность упругих напряжений на линии дислокаций, существовавшую в классической континуальной теории упругости [1] и изменила представление о виде потенциала взаимодействия атома примеси с краевой дислокацией. В представляемой работе исследуется влияние упругих напряжений краевой дислокации на энергетический спектр точечного дефекта с точки зрения градиентной теории в квазиклассическом приближении двумерного гармонического осциллятора.

Постановка задачи

Рассмотрим прямолинейную краевую дислокацию, линия которой проходит через начало декартовой системы координат и совпадает с осью Z, а экстраллюксность при этом совпадает с положительной полуплоскостью YZ. Безразмерный потенциал взаимодействия краевой дислокации с атомом примеси согласно градиентной теории записывается в виде [2]

$$V = \left[-\frac{\sqrt{c}}{r} + K_1 \left(\frac{r}{\sqrt{c}} \right) \right] \sin \theta, \quad (1)$$