

ФОРМИРОВАНИЕ ГРАДИЕНТОВ ДИСЛОКАЦИОННОЙ СУБСТРУКТУРЫ ПРИ УСТАЛОСТИ ЗАКАЛЕННОЙ СТАЛИ

Громова А. В.¹⁾, Иванов Ю. Ф.²⁾, Ивахин М. П.¹⁾, Коваленко В. В.¹⁾,
Целлермасер В. Я.¹⁾, Козлов Э. В.³⁾

¹⁾ Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк,
grogov@physics.sibsiu.ru

²⁾ Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск

³⁾ Томский Государственный архитектурно-строительный университет.

Работа посвящена выявлению методом электронной микроскопии закономерностей формирования градиентов дислокационной субструктуры на различном расстоянии от поверхности разрушения закаленной стали 60ГС2 при усталости. Исследованию подвергался материал в исходном, разрушенном, при 142000 циклов нагружения, состояниях и в промежуточной области ($N = 120000$ циклов).

В исходном состоянии после закалки и отжига плотность дислокаций составляла $3,8 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$. При нагружении изменения дефектной субструктуры стали проявляются в повсеместной фрагментации кристаллов пакетного мартенсита. По мере приближения к плоскости максимального нагружения средние размеры фрагментов существенно уменьшаются. Формирование фрагментов сопровождается незначительным изменением величины скалярной плотности дислокаций, амплитуды кривизны-кручения кристаллической решетки и азимутальной составляющей угла полной разориентации элементов субструктуры кристаллов пакетного мартенсита. Данные характеристики дефектной субструктуры уменьшаются по мере приближения к зоне максимального нагружения образца.

Количественный анализ дислокационной субструктуры стали показал, что вблизи поверхности разрушения величина скалярной плотности дислокаций несколько выше, чем в исходном состоянии и, по мере удаления, снижается, выходя на насыщение. Изменение данного параметра субструктуры стали с увеличением расстояния от поверхности разрушения носит явно выраженный немонотонный характер. Более плавным образом с увеличением расстояния до поверхности разрушения изменяются величина кривизны кручения кристаллической решетки и азимутальная составляющая полного угла разориентации элементов субструктуры. При этом оба параметра достигают максимальных значений вблизи поверхности разрушения и по мере удаления от нее снижаются.

Анализ зависимости параметров дислокационной субструктуры от числа циклов погружения показывает, что с увеличением количества циклов нагружения величина скалярной плотности дислокаций изменяется немонотонным образом – снижается на промежуточной стадии нагружения и вновь возрастает к моменту разрушения образца; амплитуда кривизны-кручения кристаллической решетки стали монотонно возрастает, а величина азимутальной составляющей полной разориентации субструктуры практически не изменяется с увеличением числа циклов нагружения. Следовательно, при усталостных испытаниях предварительно закаленной стали на промежуточной стадии нагружения определяющую роль в эволюции структуры материала играют процессы термического отпуска. На стадии разрушения образца, вблизи поверхности разрушения, определяющими структуру материала являются деформационные процессы.

Работа выполнена при финансовой поддержке в форме гранта Т02-05.8-2673 МО РФ по фундаментальным исследованиям в области технических наук.