

ЭВОЛЮЦИЯ КАРБИДНОЙ ФАЗЫ В ПРОЦЕССЕ МНОГОЦИКЛОВОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Лейкина О. С.¹⁾, Иवानов Ю. Ф.²⁾, Громов В. Е.¹⁾

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

²⁾ Институт сильноточной электроники, Томск, yufi@mail2000.ru

В настоящее время подходы и модели, используемые в механике деформируемого твердого тела, отражают, как правило, внешнюю реакцию материалов на циклические нагрузки и не учитывают структурных изменений. В их основе лежат деформационные, энергетические и силовые параметры напряженно-деформированного состояния. В легированных сталях не маловажную роль при усталости играют карбиды, образованные легирующими элементами и углеродом. В данной работе рассмотрена эволюция карбидной фазы в процессе циклического нагружения стали 08X18H10T.

Исследования проводили в исходном состоянии, на промежуточной стадии $N_I \sim 100000$ циклов и после разрушения. В исходном состоянии выявлены карбидные частицы двух типов: частицы карбида хрома типа $M_{23}C_6$ состава $(Fe, Cr)_{23}C_6$ и частицы карбида титана состава TiC , средние размеры которых $100-500$ нм и $62,4 \pm 5,6$ нм соответственно.

На промежуточной стадии нагружения $N_I \sim 100000$ циклов изменений в состоянии карбидной фазы стали не обнаружено. Однако средние размеры частиц карбидов титана заметно увеличились, по сравнению с размерами частиц исходного состояния, и теперь равны $110 \pm 7,8$ нм. Для частиц карбида типа $M_{23}C_6$ усталостное нагружение стали сопровождается частичным разрушением данных выделений и последующим образованием прослоек карбидной фазы, расположенных вдоль внутрифазных границ зеренного и субзеренного типа. Микрофракционный анализ показывает, что данные прослойки сформированы карбидом типа Cr_7C_3 .

После разрушения средний размер частиц карбида титана состава TiC увеличился до $121,6 \pm 9,3$ нм, существенно расширился спектр размеров частиц. Процесс коагуляции сопровождается расслоением карбидной подсистемы с образованием, с одной стороны, большого числа частиц малых (десятки нанометров) размеров, а с другой – больших (сотни нанометров). Первый размерный класс составляют частицы, растворяющиеся при усталостных испытаниях, второй размерный класс составляют частицы, растущие за счет растворения окружающих их соседей. Одним из механизмов растворения частиц карбидной фазы, выявленных при исследовании структурно-фазового состояния усталостно-нагруженной стали, является уход атомов углерода из частицы на дефекты кристаллического строения. Растворяющаяся частица расположена вблизи границы зерна; в процессе растворения изменяется форма частицы, вокруг нее формируется дислокационное облако, способствующее переносу атомов карбидообразующих элементов из частицы на границу зерна.

Таким образом, из представленных результатов количественного анализа эволюции структуры и фазового состояния стали 08X18H10T в процессе усталостных испытаний следует, что с увеличением числа циклов нагружения характеристики частиц карбидной фазы изменяются закономерным образом.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантом Министерства образования А03-3.17-455.