

УДК 621.185.532

Adel Abdel Basset Rashid;  
 (Beirut Arab University, Lebanon, Tyre);  
 Srour, Assistant Professor;  
 (Lebanese University, Lebanon);  
 С.Е. Бельский, проф.  
 (БГТУ, г. Минск)

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПРИМЕСЕЙ В СПЛАВЕ НА РАЗВИТИЕ УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ

В конструкционных материалах, в том числе и в алюминиевых сплавах, для придания им определенных эксплуатационных свойств, например, прочности, упругости, износостойкости и т.д. формируется определенный вид дефектной структуры, включающей в том числе протяженные и точечные дефекты, который позволяет либо стабилизировать положение дислокаций в пространстве, либо в ограниченных пределах допускать их смещение. Соответственно обеспечиваются определенные свойства по твердости, хрупкости, упругости материалов.

Нами рассмотрены некоторые особенности поведения дислокационного отрезка, находящегося в условиях воздействия знакопеременного напряжения низкой и промежуточной частоты при учете влияния температурных механизмов на упругое взаимодействие примесей замещения с дислокациями в окружающих и атмосферах точечных дефектов. Проанализирован вклад указанных процессов в характерные параметры металлов, описывающие свойства материалов в условиях близких к режимам усталостных нагрузок.

Критические напряжения наступления микропластичности являются результатом срабатывания дислокационных отрезков по сценарию Франка-Рида и при знакопеременном нагружении представляют собой некий аналог предела текучести при статическом нагружении.

При разработке модели представлено, что в модельном металлическом материале примесные атомы преимущественно являются атомами замещения с радиусами большими, чем атомы основы; так, что они притягиваются к области находящейся под экстраплоскостью и в этих положениях обладают отрицательной энергией связи. Соответственно дифференциальное уравнение, описывающее малые колебания отрезка в поле заданного знакопеременного напряжения целесообразно представить в следующем виде.

$$A \frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2} + B \frac{\partial \zeta}{\partial t} - C \frac{\partial^2 \zeta}{\partial y^2} = \left( b\sigma - \frac{bG\epsilon_0}{4} \exp \left[ \left( \frac{W}{kT} \right) \right] \right) \sin \alpha t$$

здесь:  $A = \rho b^2 / \pi$  - эффективная масса дислокации, приходящаяся на единицу ее длины;  $\rho$  - плотность вещества;  $b$  - вектор Бюргерса;  $\zeta$  - величина смещения дислокационного сегмента из положения равновесия вдоль его длины  $y$ , которая минимальна в точках закрепления и достигает максимума в центре;  $t$  - время;  $B$  - коэффициент определяющий силу динамического вязкого трения сегмента, который является функцией температуры, поскольку определяется электронной и фононной составляющими воздействия на смещение атомов из положения равно-

весия;  $C = \frac{2Gb^2}{\pi(1-\nu)}$  - коэффициент определяющий упругое самовоздействие сегмента при растяжении;  $G$  - упругий модуль сдвига;  $\nu$  - коэффициент Пуассона;  $b\sigma$  - приведенное к длине дислокации амплитудное значение знакопеременной силы внешнего источника напряжения, дей-

ствующего с циклической частотой  $\omega$ ;  $\varepsilon = \frac{R_i - R_0}{R_0}$  - относительная разность радиусов примесных атомов  $R_i$  и собственных атомов  $R_0$ ;  $c_0$  - объемная равновесная концентрация примесных атомов вдали от дис-

локационного сегмента;  $W(r) = \frac{GbR_0^3 \varepsilon (1+\nu) \sin \theta}{3\pi(1-\nu)r}$  - общий вид выражения для энергии связи сегмента с примесными атомами в атмосфере Коттрелла, учитывающее их положение по отношению к экстраплоскости и их размер по отношению к собственным атомам металла;  $r$  - расстояние от ядра дислокации до примесного атома;  $\theta$  - азимутальный угол между вектором Бюргерса и радиус-вектором примесного атома  $r$ ;  $k$  - постоянная Больцмана;  $T$  - абсолютная температура.

Полученная зависимость критических напряжений начала процесса усталостного разрушения от частоты знакопеременных колебаний позволяет уточнить физическую модель развития процесса усталостного разрушения исследуемых алюминиевых сплавов.