

УДК 647.023

А.В.Блохин, доц., канд.техн.наук
С.Е.Бельский, доц., канд.техн.наук
(БГТУ, г.Минск);

Adel Abdel Basset Rashid

(BeirutArabUniversity, Lebanon, Tyre)

АНАЛИЗ ЧАСТОТНОЙ ЗАВИСИМОСТИ КРИТИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ АЛЮМИ- НИЕВЫХ СПЛАВОВ

Многие детали современных машин, работающие при циклических нагрузках широкого амплитудно-частотного диапазона и повышенных температурах, выходят из строя из-за усталостного разрушения. Методы оценки усталостных характеристик, используемые в настоящее время, с одной стороны очень трудоемки, поскольку база испытаний может составлять десятки миллионов циклов, а с другой, часто не учитывают реальных условий эксплуатации (амплитуда, частота, схема нагружения).

Полученные результаты влияния параметров механических колебаний на усталостные характеристики не всегда поддаются сравнению из-за различия амплитудно-частотных и температурных условий проведения испытаний и структурного состояния материалов, что, несомненно, сужает возможности их теоретического обобщения и повышения точности расчетов.

В недостаточной мере исследована кинетика изменения структурно-чувствительных свойств материалов в процессе развития процесса усталостного разрушения; весьма противоречивы данные о трансформации дислокационной структуры, а, следовательно, о механизме протекания усталостного разрушения. Для многих материалов не установлены пороговые напряжения начала развития процесса усталостной повреждаемости.

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 сце-

нарию Франка-Рида и при знакопеременном нагружении представляют собой некий аналог предела текучести при статическом нагружении. Необратимость микроскопической деформации при любом типе нагружения связана с движением уже существующих дислокаций, а также с возможностью генерации новых дислокационных петель закрепленным источником.

Известные принципы динамики дислокационного сегмента при описании внутреннего трения в приближении струнной модели в данном случае адаптированы к проблеме учета не только инерционных, вязких и упругих сил, но и дополнительных сил взаимодействия с примесными атомами. Примеси, как известно, образуют атмосферы вокруг протяженных дефектов и движение дислокаций зависит от сорта и размера чужеродных атомов внедрения и замещения.

Учет взаимодействия дислокационного сегмента с примесными атомами привел к тому, что пороговое значение напряжения при низких температурах более чувствительно к распределению примесей в области сегмента, а в области больших температур присутствие неравновесных конфигураций примесных атомов сказывается на динамических свойствах отрезка в меньшей степени. Это связано с тем, что при низких температурах концентрация примесных атомов в атмосферах Котрелла, Снука возрастает вплоть до их насыщения и выпадения отдельных новых фаз, а с ростом температуры облака атмосфер примесных атомов вблизи дислокаций рассасываются вплоть до выхода на равновесную концентрацию, характерную для областей вдали от протяженных дефектов.

Полученная зависимость критических напряжений начала процесса усталостного разрушения от частоты знакопеременных колебаний позволяет уточнить физическую модель развития процесса усталостного разрушения исследуемых алюминиевых сплавов. Экспериментальная проверка (сопоставление кривых частотных зависимостей критических напряжений и определенных опытным путем пороговых напряжений) показали их одинаковый характер (располагаются практически эквидистантно) как для деформируемого сплава (Д16) так и для литейного (АК9М2), полученного с использованием вторичного сырья. Это позволяет говорить о возможности использования данной модели для прогнозирования характеристик низкочастотной усталости широкой номенклатуры металлических материалов содержащих значительное количество примесных атомов.