# Усталостное микро- и мезоразрушение металлов при пропорциональнам нагружении

## Завойчинская Э.Б.

(МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва)

В рамках исследований хрупкого усталостного разрушения металлов предлагается модель, описывающая поэтапное развитие усталостного разрушения на микро- и мезоуровне до образования единичных хрупких макротрещин при трехмерных пропорциональных нагружениях. На основе анализа теоретико-экспериментального материала по физике разрушения, металловедению и механике деформируемого твердого тела сформулированы следующие основные гипотезы модели [1–3].

**1.** Построение модели хрупкого разрушения при гармоническом пропорциональном нагружении следующего вида в главных осях:

 (1)

(– амплитуда максимального главного напряжения) основано на характеристиках усталости при трех базовых нагружениях: одноосном (), двухосном () и сдвиге ().

**2.** Полагается, что усталостное разрушение металлов определяется независимыми стохастическими процессами хрупкого и вязкого разрушений.

По методологии теоретической физики строится классификация хрупкого разрушения по дефектам го вида, средней длины  и плотности в представительном объеме(в котором возможно зарождение трещины механики разрушения длины ), . Дефекты го вида характеризуются предельными длинамии предельными плотностями . Физическими образами микродефектов () являются вакансионные кластеры, субмикротрещины, поры и т.п., их длины, в среднем, стабильны, с ростом числа циклов возрастает плотность; на мезоуровне () длины макродефектов (короткие трещины и макротрещины) подрастают в процессе нагружения.

**3.**Образование дефектов го вида происходит вследствие последовательного зарождения, развития и слияния дефектов предыдущих видов.

**4.**Вводится понятие условной трещины го вида, длина которой задается в виде:  Предельные состояния определяются достижением своего предельного значения при этом 

Образование дефекта го вида начинается с достижения функцией  предельного значения  в момент времени. Цепочка приводит к моменту которое определяет начало развития трещин длины.

Повреждение от развития дефектов го вида (разрушение го вида) является случайным процессом на интервале времении определяется так:  

**5.** Вероятность с которой повреждениеменьше единицы в момент времени :называется вероятностью разрушения го вида. Процесс хрупкого усталостного разрушения описывается рекуррентной системой определяющих соотношений для функций для симметричного нагружения (1) они записываются таким образом: при : при : где  – число циклов действующего нагружения,– константы материала. Базовые функции определяются по данным усталостных испытаний при базовых видах нагружения и учитывают отношения по известным критериям усталостной прочности. Числа циклов  начало образования дефектов го вида находятся как решение уравнений:  – заданные значения.

**7.** Вероятность хрупкого разрушения по макродефектам задается выражением: долговечность металла находится из уравнения: 

Предложенная модель аттестована для представительного ряда металлов и их сплавов, конструкционных сталей, чугунов с средними размерами зерен в широком диапазоне . Построены области развития микро- и макротрещин и кривые усталости при различных пропорциональных нагружениях.

***Литература***

1. *Завойчинская Э.Б.* О теории поэтапного накопления усталостных повреждений в металлах при пропорциональном циклическом нагружении//Изв. МГТУ МАМИ. Естественные науки, т.4, № 2(24), 2015. — С. 68 — 75.

2. *Завойчинская Э.Б.* Развитие микро- и макротрещин в металлах и сплавах// Научные труды IV-й Международной научной конференции «Фундаментальные исследования и инновационные технологии в машиностроении». М. Издательский дом «Спектр», 2015. 274 с.— С. 104 — 107.

3. *Завойчинская Э.Б.* Микро- и макромеханика разрушения элементов конструкций // Механика твердого тела, № 3, 2012. — С. 54 — 77.