

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

### Рецензия

на монографию Яковлевой Т. Ю. “Локальная пластическая деформация и усталость металлов”. – Киев: Наук. думка, 2003. – 236 с.

Процесс локализации пластической деформации при усталостном нагружении определяет механизмы развития разрушения как на стадии зарождения, так и на стадии развития трещины. Поэтому анализ этого процесса можно отнести к ключевым задачам физики и механики разрушения, обеспечивающим необходимую информацию для разработки критериев разрушения и методов его прогнозирования.

Загнута в книге тема – традиционна для Института проблем прочности им. Г. С. Писаренко НАН Украины, что подтверждают многочисленные публикации в журнале “Проблемы прочности” и монографии сотрудников института, получившие широкую известность.

Книга интересна тем, что в ней Т. Ю. Яковлева рассматривает локализацию пластической деформации при высокочастотном циклическом нагружении, т.е. в условиях, когда локализация играет очень важную роль. Кроме того, в последнее время за рубежом получили развитие исследования при ультравысоком, гигацикловом (до  $10^9$  цикл) нагружении, инициированные обнаруженным снижением предела выносливости высокопрочных материалов в этом диапазоне чисел циклов. Хотя причины такого снижения до конца неизучены, ясно, что оно обусловлено локализацией деформации вблизи неметаллических включений. Оценка предела выносливости при таком большом числе циклов чрезвычайно трудоемка, и на машинах, работающих при частоте 50 Гц, необходимо проводить испытания в течение более полугода. Логично для этих целей использовать высокочастотные установки. Однако при этом необходимо либо быть уверенным в том, что при используемой частоте нагружения механизм локализации деформации, а следовательно, и долговечность материала не будут значительно отличаться от таковых при обычных частотах нагружения, либо уметь оценивать долговечность материала с учетом влияния частоты. Эти вопросы нашли отражение в монографии Т. Ю. Яковлевой, содержащей пять глав.

Первая глава посвящена эволюции структуры и свойств металлических материалов под действием циклических нагрузок и включает анализ влияния параметров цикла нагружения на изменение структуры в процессе нагружения, а также количественную оценку кинетики накопления усталостных повреждений. С этой целью автор использует целый комплекс методов исследования: экзoeлектронную эмиссию, внутреннее трение, удельное электросопротивление, Фурье-анализ.

Во второй главе рассматриваются закономерности развития усталостных трещин и особенности поверхностей усталостного разрушения. Приведены данные количественной оценки шага усталостных бороздок и глубины пластической зоны при различных частотах нагружения, анализи-

руется влияние структуры и технологических факторов на характеристики разрушения.

Результаты многолетних экспериментальных исследований обобщены автором в третьей главе, посвященной общим закономерностям эволюции структурных и фрактографических характеристик материала в условиях усталости. Показано, что развитие локальных областей пластической деформации подчинено общим закономерностям для данного материала. Автор полагает, что условия нагружения одинаково влияют как на инкубационный и активный периоды усталостного разрушения, так и на интегральные макроскопические и локальные (структурные и фрактографические) характеристики усталостного разрушения.

В четвертой главе предпринята попытка разработать модель, адекватно описывающую наблюдаемые особенности развития циклической поврежденности и позволяющую оценивать характеристики усталости.

В пятой главе представлены результаты экспериментальной проверки предложенной модели и методика прогнозирования положения кривых усталости и кинетических диаграмм усталостного разрушения в заданном интервале частот нагружения по результатам испытаний на одной из частот внутри этого интервала.

Таким образом, в книге отражены основные закономерности и факторы, определяющие явление усталости материалов при высокой частоте нагружения, причем эти закономерности обсуждаются с учетом тонкой дислокационной структуры материала, формирующейся в процессе циклического нагружения.

После прочтения книги становится ясным, что чем глубже иерархический уровень анализируемой структуры, тем труднее установить количественную связь между этой структурой и макроскопическими свойствами и учитывать наблюдаемые эффекты при моделировании явления усталости, поскольку из исследования “выпадают” последующие стадии накопления поврежденности, включающие появление одиночных микротрещин и кластеров микротрещин, достижение критической плотности таких кластеров и критической длины микротрещин в кластерах, что приводит к зарождению магистральной трещины и формированию пластической зоны в ее вершине.

Модель Т. Ю. Яковлевой основана на допущении о существовании области локальной пластической деформации, характеризуемой радиусом и удельной поверхностной энергией, определяющей механизм развития этой области в процессе нагружения. Предложенная модель, как и другие, не охватывает весь спектр особенностей усталостного разрушения. В частности, она не учитывает изменения числа локализованных областей при циклическом нагружении, хотя известно, что при определенных условиях (высокая амплитуда и частота нагружения, неоднородность структуры материала, наличие большого числа включений и др.) микротрещины в гладком образце развиваются из многих очагов. Процессы множественного разрушения имеют свои особенности, поэтому трудно быть уверенным в том, что предложенная автором модель, основанная на одноочаговом разрушении, описывает полную кривую усталости, все стадии усталостного разрушения и многие факторы, на него воздействующие.

Тем не менее совершенно очевидно, что книга Т. Ю. Яковлевой содержит богатейший экспериментальный материал по дислокационной структуре, свойствам и характеру изломов широкого спектра конструкционных материалов, испытанных при высокой частоте циклического нагружения. Книга хорошо написана и представляет безусловный интерес для научных и инженерно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов высших учебных заведений, специализирующихся в области прочности материалов в условиях циклического нагружения.

Гл. науч. сотр. Ин-та металлургии  
и материаловедения им. А. А. Байкова РАН,  
*д-р техн. наук проф. Л. Р. Ботвина*