

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ УПРОЧНЕНИЯ-РАЗУПРОЧНЕНИЯ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ф.Ф.ЦАРУК, А.В.БЛОХИН, Н.А.ГАЙДУК

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

Обеспечение необходимого уровня надежности и долговечности деталей машин и элементов конструкций, подвергающихся в процессе эксплуатации воздействию сочетания статических и циклических нагрузок, невозможно без наличия достаточного объема информации о физико-механических характеристиках (ФМХ) материалов. Для этого параллельно усталостным испытаниям проведены по единой методике исследования таких свойств материалов, как плотность дислокаций ρ , размер блоков мозаики D , микронапряжения второго рода σ_{II} , микротвердость H_n , электро-сопротивление R . Эксперименты проводились на отожженных материалах с различной кристаллической решеткой (медь М1, алюминиевый сплав Д16, сталь 10) на пяти уровнях циклических напряжений.

Для проведения усталостных испытаний как для продольных, так и для изгибных колебаний были использованы установки на базе электродинамического вибростенда типа ВЭ и магнитострикционных преобразователей. Все испытательные стенды работали в автоколебательном резонансном режиме с автоматическим поддержанием параметров нагружения с помощью прибора стабилизации амплитуды ПСА, что позволило по падению собственной частоты колебаний образца отслеживать кинетику накопления усталостных повреждений в материале и по достижению заданной степени повреждения прекращать испытания.

Образцы для знакопеременного изгиба представляли собой пластины (20x2 мм в опасном сечении) и балочки (6x2 мм), вырезанные из листа в направлении прокатки. Образцы для продольных колебаний представляли собой цилиндрические ступенчатые стержни с собственной резонансной частотой 18 кГц, к которым для создания резонансного режима работы на частотах 2,8 и 8,8 кГц крепились согласующие элементы. Образцы вырезались из металла одной поставки. Технология механической обработки пре-

дусматривала на заключительной стадии съем минимальной толщины слоя, а термообработка заготовок проводилась одной партией.

После термообработки, с целью снятия верхнего дефектного слоя и получения необходимой величины шероховатости рабочих поверхностей образцов, их подвергали электролитическому полированию.

Результаты экспериментов показали, что циклическое нагружение приводило к увеличению плотности дислокаций для всех металлов вплоть до момента насыщения. Величина относительных изменений ФМХ существенно зависела как от материала, так и от величины действующих циклических напряжений. Одновременно с ростом плотности дислокаций происходило измельчение мозаичной структуры металла, наблюдаемое по уменьшению размера блоков относительно исходного состояния.

Создание ячеистой дислокационной структуры в результате увеличения плотности дислокаций и вакансий приводило к возникновению дополнительных напряжений внутри материала, что проявляло себя в возрастании напряжений второго ряда. Возрастание микротвердости несколько запаздывало по сравнению с увеличением плотности дислокаций и микронапряжений.

После достижения уровня насыщения, характеризующегося максимальным уровнем плотности дислокаций и вакансий, наступало торможение их дальнейшего продвижения под действием циклических напряжений. Развитие процесса межзеренной повреждаемости, предшествующей появлению микротрещин, протекало параллельно с разупрочнением, характеризующимся снижением значений ρ и σ_{II} , а впоследствии и N_{II} . Увеличение частоты не изменяет характера кинетических кривых, но приводит к их сдвигу вправо вдоль оси числа циклов.

Выявление предшествующих началу усталостного разрушения изменений ФМХ открывает возможности как прогнозирования этого процесса, так и его предотвращения путем проведения на определенной стадии дополнительной обработки.