

ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ
УСТАЛОСТИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

С.Е.БЕЛЬСКИЙ, Ф.Ф.ЦАРУК, А.В.БЛОХИН

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

Повышение надежности деталей машин и элементов конструкций, работающих в условиях циклического нагружения, требует проведения значительного объема трудоемких усталостных испытаний. Применение высокочастотных усталостных установок для сравнительных испытаний материалов в различном состоянии дает возможность оперативно установить влияние структуры и вида термообработки на способность материала или деталей машин сопротивляться воздействию циклических нагрузок при значительном сокращении затрат времени и труда.

В качестве материала для исследования был выбран деформируемый алюминиевый сплав Д16 как типичный представитель конструкционных материалов, работающих при интенсивных циклических нагрузках.

Нагружение образцов знакопеременным изгибом производилось с помощью специально разработанных магнитострикционных резонансных стендов ($f_{рез} = 2,8$ кГц и $f_{рез} = 8,8$ кГц). Испытательные стенды работали в автоколебательном режиме с автоматическим поддержанием амплитуды колебаний образцов, которые представляли собой балочки прямоугольного сечения (1,8х6 мм), вырезанные вдоль направления проката, колебавшиеся на второй собственной форме колебаний. Одна партия образцов подвергалась шлифовке, вакуумному отжигу и электрополировке. Нагрев образцов при отжиге производился в электропечи сопротивления (макс. отклонение ± 2 К). Другая партия испытывалась в состоянии поставки после электрополировки.

Для построения кривых усталости испытания продолжались до появления в образце усталостной трещины заданного размера, что фиксировалось по падению резонансной частоты установки. В качестве структурно-чувствительной характеристики нами использовалась микротвердость, которая определялась с помощью микротвердомера ИМТ-3М при нагрузке 0,5 Н. Выбор данной характеристики объясняется удобством использования и высокой чувствительностью к процессам, происходящим в материале при усталостном повреждении. Измерение микротвердости образцов после нагружения производилось по истечении 24 часов

вылеживания их при комнатной температуре, т.к. ранее было установлено, что время и температура вылеживания ощутимо влияют на структурно-чувствительные свойства металлов.

В результате эксперимента было установлено, что отожженный материал показал значительно меньшее сопротивление усталости для обеих частот испытаний, чем материал в состоянии поставки при сохранении формы усталостных кривых. Отмечена одинаковая разность между ограниченными пределами выносливости для всех баз испытаний на одинаковой частоте. С ростом усталостных трещин наблюдался практически одинаковый темп падения резонансной частоты образцов вне зависимости от состояния образцов. При существенной разнице между уровнями микротвердости отожженных образцов и образцов в состоянии поставки не наблюдалось значительного отличия в величине коэффициента вариации данной характеристики после нагружения на всех частотах.

Исследование микротвердости вдоль образцов (в направлении увеличения уровня циклических напряжений) позволило установить, что ее существенное изменение (рост) наблюдалось только после достижения определенного (порогового) уровня напряжений. Было установлено, что на величину данных пороговых напряжений как база испытания, так и состояние материала практически не оказывают существенного влияния. В то же время увеличение частоты нагружения с 2,2 до 8,8 кГц привело к значительному росту величины пороговых напряжений и к сдвигу максимума кривой изменения N_p в сторону большего числа циклов.

Наличие такого характера поведения пороговых напряжений для материала, находящегося в различном состоянии, позволяет предложить данную характеристику в качестве базовой величины для разработки методики ускоренного прогнозирования низкочастотного сопротивления усталости по результатам высокочастотных испытаний.

Таким образом, полученные данные по изменению структурно-чувствительных свойств в процессе усталостных испытаний позволяют продвигнуться дальше в понимании природы усталости металлических материалов.