

ВЛИЯНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Пачурин Г.В., Галкин В.В.

Нижегородский государственный технический университет

Нижний Новгород, Россия

E-mail: PachurinGV@mail.ru

Повышение эксплуатационной надежности изделий машиностроения при снижении их металлоемкости является важнейшим направлением ресурсосберегающих технологий. При этом многие металлоизделия в процессе эксплуатации испытывают воздействие циклических нагрузок, как при разных температурах, так и в присутствии коррозионной среды.

Сложность прогнозирования поведения металлических материалов в конкретных изделиях при циклической нагрузке определяется многими факторами, которые условно можно разделить на две группы. Все они оказывают влияние на закономерности зарождения и распространение усталостных трещин.

К факторам первой группы относятся:

- геометрия конкретного изделия (масштабный фактор, концентраторы напряжений, шероховатость поверхности и др.);
- схема циклического нагружения;
- величина амплитуды, форма цикла и частота внешних нагрузок;
- среда эксплуатации (воздух, агрессивная среда, температура).

Ко второй группе можно отнести структурные факторы:

- природа материала;
- химический и фазовый состав;
- виды и режимы технологической обработки (термической; объемной, с разными степенями и скоростями, и поверхностной пластической; механотермической; термомеханической и их всевозможными сочетаниями).

Наиболее прогрессивным и высокопроизводительным методом изготовления деталей машин и механизмов в различных отраслях промышленности является обработка давлением. Однако в литературе сведения по влиянию степени и скорости пластической деформации на сопротивление усталостному разрушению штампованных металлических материалов при пониженных и повышенных температурах ограничены, а в коррозионных средах практически отсутствуют. Поэтому предсказать их усталостное поведение в этих условиях без предварительного эксперимента часто не представляется возможным.

В работах Н.И. Черняка было показано, что малые степени остаточной пластической деформации (т.е. в пределах неравномерной) приводят к снижению показателей сопротивления усталостному разрушению конструкционных материалов. Это согласуется с экспериментальными данными Е. Шмидмана и П. Эмриха по влиянию однородной предварительной деформации на усталостную прочность стали Ск 10, где обнаружено некоторое снижение предела выносливости после предварительной деформации на 2% и его повышения после деформации на 10 и 22%.

В литературе информация по оценке влияния неравномерности распределения деформации на сопротивление усталости прочности конкретных металлоизделий весьма ограничена. Это связано с тем фактом, что исследование неравномерности деформации в конкретном технологическом процесс обработки металлов давлением, до недавнего времени, имел значительные трудности.

Появление в арсенале анализа напряженно-деформированного состояния программных пакетов типа DEFORM, основанных на методе конечных элементов, позволяет совместно с проведением структурно-механических исследований, более качественно решать выше изложенные проблемы.

Данная комплексная методика использовалась нами для определения неравномерности распределения напряжения и деформации по сечениям:

- рессорного листа малолистовой рессоры из стали 50ХГФА, получаемой горячей раскаткой на клин из заготовки прямоугольного сечения;
- болта и гайки из стали 20 Г2Р, получаемых высадкой на холодно-высадочных автоматах;
- стойки подвески автомобиля "Соболь", получаемой комбинированной горячей штамповкой, включающей поперечно-клиновую прокатку и штамповку на КГШП;
- гофрированной панели из титанового сплава ВТ18, получаемой методом газокompрессионной штамповки.

Нами исследованы и установлены закономерности влияния видов и режимов технологической обработки давлением при комнатной температуре на изменение структурного состояния и механические свойства широкого класса конструкционных материалов (более 20 марок) при статическом и циклическом нагружении при температурах от 0,06 до 0,6 Тпл, К, а также при комнатной температуре в коррозионной среде (наиболее распространенный и достаточно агрессивный к сталям 3%-ный водный раствор морской соли) [1].

Использование в расчетах на долговечность полученных уравнений кривых усталости и вероятностных кривых распределения циклической долговечности на воздухе при разных температурах и в коррозионной среде исследованных металлических материалов после конкретных режимов обработки позволяет повысить точность оценки эксплуатационной надежности при снижении, в ряде случаев, металлоемкости деталей и механизмов в целом.

Установлена теоретически и подтверждена экспериментально зависимость между изменениями под воздействием пластической обработки коррозионно-циклической долговечности и способности металлов и сплавов к деформационному упрочнению при статическом растяжении: пластическое деформирование в области равномерных деформаций, снижая величину структурно чувствительного показателя упрочнения и неоднородность качества поверхности материалов, обуславливает повышение отношения их коррозионной долговечности к долговечности на воздухе. Эта зависимость позволяет прогнозировать сопротивление коррозионно-усталостному разрушению деформационно-упрочненных материалов и оптимизировать технологию обработки с целью повышения эксплуатационных свойств металлических изделий, а также снижения их металлоемкости.

Найдена, аппроксимируемая соответствующим уравнением, зависимость отношения долговечности после ППД к долговечности в исходном состоянии (N_{nnd}/N) от показателя деформационного упрочнения при статическом нагружении, позволяющая прогнозировать целесообразность введения в технологический процесс операции ППД с целью повышения циклической долговечности деталей на воздухе. Из нее следует, что эффект поверхностной пластической обработки на долговечность тем больше, чем выше показатель степени упрочнения при статическом нагружении.

Установлено, что влияние степени предварительной пластической деформации на увеличение циклической долговечности при амплитуде $\sim 0,5S_B$ в области температур испытания от 0,06 до 0,6 $T_{нл}, K$ возрастает с повышением способности к упрочнению при статическом растяжении металлов и сплавов в исходном (недеформированном) состоянии. Термическая обработка, приводящая к возрастанию величины показателя упрочнения, дает положительный эффект пластической обработки (в пределах равномерной) на его сопротивление разрушению при знакопеременном нагружении во всем диапазоне вышеуказанных температур.

Литература

1. Пачурин Г.В., А.Н. Гушин, К.Г. Пачурин и др. Технология комплексного исследования разрушения деформированных металлов и сплавов в различных условиях нагружения. – Н. Новгород: НГТУ, 2005. – 139 с.