



ДИССЕРТАЦИЯ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ



Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины. Б. В. Кныш (ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины) защитил 23 ноября 2011 г. докторскую диссертацию на тему «Повышение циклической долговечности сварных соединений на стадиях накопления повреж-

дений и развития усталостных трещин».

Диссертация посвящена научному обоснованию применения высокочастотной механической проковки (ВМП) для повышения циклической долговечности сварных соединений эксплуатируемых металлоконструкций на стадии накопления усталостных повреждений и исследованию различных конструктивно-технологических способов торможения развивающихся усталостных трещин, включая ремонт сваркой.

Автором разработана и защищена патентами Украины и США ультразвуковая установка USP-300 мощностью 300 Вт с пьезокерамическим преобразователем для упрочняющей обработки сварных соединений. Показано, что ВМП зоны сплавления установкой USP-300 уменьшает коэффициент концентрации напряжений на 15 %, а на поверхности металла в зоне обработки вместо остаточных сварочных напряжений растяжения около 0,9 предела текучести материала наводятся остаточные напряжения сжатия до $-0,9\sigma_T$. При этом в тонком поверхностном слое (до 30 мкм) образуется субмикроструктурная структура, состоящая из дисперсных субзерен с высокими углами разориентировки, вытянутыми в направлении движения обрабатывающего инструмента.

На основе кривых усталости, установленных при испытании образцов сварных соединений с низкими остаточными напряжениями, разработана методика построения расчетных кривых усталости для сварного элемента эксплуатируемой металлоконструкции, учитывающая характеристики цикла переменного нагружения, коэффициент концентрации напряжений соединения, установившийся уровень остаточных сварочных напряжений и механические свойства металла. Создано программное обеспечение для персонального компьютера, в котором реализована предложенная последовательность определения расчетных кривых усталости для сварных соединений эксплуатируемых металлоконструкций. Впервые ус-

тановлено, что в условиях регулярного нагружения эффективность упрочнения технологией ВМП сварных соединений с накопленными усталостными повреждениями зависит от уровня и длительности воздействия приложенного нагружения. Показано, что остаточная долговечность высоконагруженных тавровых сварных соединений низколегированных сталей после упрочнения ВМП при 70 % накопленной поврежденности не уступает долговечности соединений, упрочненных в состоянии после сварки. Уменьшение длительности наработки таких соединений с 70 до 10% их долговечности повышает эффективность упрочнения соединений до 3,5 раз в сравнении с упрочнением в исходном состоянии.

Установлено, что закономерности развития усталостных трещин в неоднородных полях ОСН растяжения и сжатия, скорости которых отвечают среднеамплитудному участку ДУР, описываются степенным уравнением Пэриса с неинвариантными относительно характеристик цикла нагружения параметрами. Предложены и экспериментально обоснованы трехпараметрические соотношения для скорости роста поверхностных и сквозных усталостных трещин в конструкционных сталях, которые наряду с размахом КИН в явном виде содержат коэффициент асимметрии цикла напряжений. Предложен метод расчетной оценки циклической долговечности элементов стальных конструкций, поврежденных усталостной трещиной, при ее развитии в неоднородном поле остаточных напряжений растяжения.

Установлены наиболее эффективные конструктивные и технологические способы торможения трещин: сверление отверстий около вершин трещин с установкой в них высокопрочных болтов с натяжением 20 тс; локальный нагрев до температуры 300...350 °С на расстоянии 30 мм от вершины трещины; локальная взрывная обработка цилиндрическими зарядами диаметром 5,5 мм, расположенными в отверстиях диаметром 6 мм на расстоянии 1 мм позади фронта трещины. Эти способы увеличивают циклическую долговечность элементов конструкций в 10...20 раз. На основе подходов механики разрушения разработан метод расчетной оценки циклической долговечности элементов конструкций, содержащих развивающиеся усталостные трещины при их торможении искусственно наведенным полем остаточных напряжений сжатия.