

М. Н. Саушкин, О. С. Афанасьева (Самара, СамГТУ). **Краевые задачи для оценки кинетики напряженно-деформированного состояния в поверхностно упрочненном слое элементов конструкций.**

Одним из способов повышения долговечности многих изделий являются различные методы упрочнения элементов конструкций поверхностным пластическим деформированием. При этом повышение сопротивления усталости обусловлено, главным образом, сжимающими остаточными напряжениями в поверхностном слое, которые являются одним из параметров надежности. В процессе эксплуатации при высоких температурах и наличии явления ползучести происходит релаксация остаточных напряжений — уменьшение сжимающих напряжений по модулю на фоне реологического деформирования самой конструкции.

Разработана методика решения краевых задач для оценки напряженно-деформированного состояния упрочненного слоя элементов конструкций.

Специфика решаемой задачи заключается в том, что необходимо учитывать физически нелинейные соотношения для материала, нелинейность самих краевых задач, а также реологические деформации (деформации ползучести), которые развиваются во времени даже при постоянных напряжениях.

На основании уравнений равновесия, совместности деформаций и гипотезы пластической несжимаемости разработана методика восстановления начального напряженно-деформированного состояния в поверхностно упрочненном слое по одной из экспериментально замеренных компонент тензора остаточных напряжений. Известно, что такие остаточные напряжения проникают на небольшую глубину (до нескольких сотен микрон). В силу этого вводится гипотеза, что упрочненный слой не влияет на жесткость конструкции (играет роль тонкой «пленки», наклеенной на поверхность конструкции) и деформируется вместе с конструкцией под действием внешних нагрузок. В силу этого предположения, расчет кинетики релаксации остаточных напряжений в поверхностном слое сводится к склеиванию решений двух краевых задач. В процессе решения первой краевой задачи определяется напряженно-деформированное состояние всей разрушающейся конструкции при ползучести без учета поверхностного упрочненного слоя. Первая краевая задача решается классическими методами с использованием численных методов дискретизации конструкции (метод конечных элементов или метод сеток) шагами по времени.

Во второй краевой задаче исследуется релаксация остаточных напряжений в поверхностно упрочненном слое, при этом слой считается единым целым, деформирующимся в режиме «жесткого» нагружения при заданных значениях компонент тензоров деформаций, которые определяются из решения первой краевой задачи. При решении этой задачи используется энергетический вариант кинетических уравнений реологического деформирования и разрушения материалов.

С применением предложенного метода решены задачи релаксации напряжений в поверхностно упрочненном слое для ряда элементов конструкций, в том числе и для дисков с круговыми концентраторами и лопаток газотурбинных двигателей, при реальных условиях нагружения. Приводятся результаты расчетов, выполнен их анализ, даны практические рекомендации по назначению ресурса при критериях отказа типа величины остаточных напряжений в поверхностном слое.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований грант № 07-01-00478-а.