

УДК 621.791

## РАСЧЕТ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Т.И. БЕНДИК

Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

В современных условиях разработка конкурентоспособной продукции в сжатые сроки требует использования компьютерной техники и специализированных программных продуктов для проведения прочностных расчетов. Сейчас для этого широко применяют различные конечно-элементные вычислительные комплексы, как общего, так и специализированного назначения. В отличие от ручного расчета, такие комплексы позволяют выполнить прочностные расчеты весьма сложной металлоконструкции, и получить исчерпывающие данные по нагружению каждого отдельного ее элемента.

В преобладающем большинстве случаев ведется расчет габаритных металлоконструкций с использованием стержневых и пластинчатых (оболочечных) конечных элементов. При этом наличие сварных швов в объекте исследования фактически не рассматривается, а место соединения узлов заменяется жесткой связью.

Результатами таких расчетов являются распределение напряжений, перемещений и их составляющих, реакции опор, формы потери устойчивости, площади поперечных сечений и чертежи стандартных узлов соединений металлоконструкций, таблицы расхода (по материалу и профилям) и др. Погрешности, возникающие в рамках использования таких моделей из-за внесенных в них допущений, учитывают путем введения коэффициентов запаса прочности.

В отличие традиционных методов проектирования металлоконструкций, расчет сварных соединений связан с использованием моделей, разбитых на объемные конечные элементы. При этом выбирать шаг разбиения необходимо так, чтобы он был меньше катета сварного шва примерно в 3–5 раз, что приводит к чрезмерному увеличению числа конечных элементов, росту вычислительных затрат.

Как правило, сварной шов моделируется как отдельная твердотельная деталь в составе сборки, что позволяет учитывать подготовку кромок и ее влияние на напряженно-деформированное состояние соединения, а также дает возможность задания различных физико-механических свойств для разных участков сварного шва (учет неоднородности). При внесении изменений в форму сопрягаемых деталей и сварного шва можно снизить концентрации напряжений и получить конструкцию, близкую к равнопрочной.

В современных металлоконструкциях используются сложные сварные профили, при применении которых необходимо учитывать наличие

концентраторов напряжений в сварных швах. Анализ напряженно-деформированного состояния методом конечных элементов дает возможность получать карты напряжений, позволяющие определить теоретическое значение коэффициента концентрации, чтобы затем использовать его в расчетах усталостной прочности.

Ряд математических моделей используется для оценки прочностных характеристик сварных соединений, содержащих дефекты (трещины, поры и т.д.). При этом в модель, как правило, вводится начальный дефект – эллиптическая трещина, расположение которой определяется наличием потенциально опасных зон, в которых ее зарождение и развитие наиболее вероятно. Далее выполняется серия последовательных расчетов (с различной глубиной трещины) и определяется напряженно-деформированное состояние при действии статических нагрузок, а затем методом аппроксимации перемещений берегов трещины вычисляются максимальные значения коэффициентов интенсивности напряжений в районе ее фронта. Это позволяет провести оценку скорости роста трещины, ее максимально безопасной глубины, времени роста трещины до разрушения.

Специализированные вычислительные комплексы для оценки и оптимизации качества сварных конструкций моделируют все физические явления, происходящие в процессах сварки и термообработки: нелинейный теплоперенос; геометрическую нелинейность, включая большие деформации; изотропное и кинематическое упрочнение; фазовые превращения и др. Основные получаемые результаты при этом: распределение температурного поля и градиенты температур, распределение фаз, твёрдость участков зоны термического влияния, деформации и остаточные напряжения, пластические деформации, предел текучести в зависимости от соотношения металлургических фаз и т.д. С помощью специализированных программных комплексов можно определять рациональные параметры режима самых разнообразных способов сварки: ручной дуговой, сварки в защитных газах плавящимся и неплавящимся электродом, точечной сварки, сварки и резки лазерным лучом. Однако основным ограничением при использовании таких программных средств является их высокая стоимость.

Таким образом, метод конечных элементов широко используется для детального изучения кинетики образования сварных соединений, оптимизации параметров режима сварки. Однако при прочностном анализе крупногабаритных конструкций учет наличия сварных швов осуществляется путем введения коэффициентов запаса прочности, завышенное значение которых не позволяет снизить металлоемкость и повысить технологичность сварной конструкции.

