

УДК 621.791
РАСЧЕТ СВАРОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ УГЛОВЫХ
ШВОВ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ SIMUFACT.WELDING

Д. Н. ЮМАНОВ, Н. М. ЛЮБАНЕЦ, Д. С. ЧЕРНЫЙ
Научный руководитель Т. И. БЕНДИК, канд. техн. наук, доц.
БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

При производстве сварных конструкций на качество готового изделия оказывает влияние уровень остаточных напряжений и деформаций, вызванных протеканием термомодеформационного цикла сварки. Поэтому для инженера важно уметь проводить количественную оценку влияния параметров режима сварки, размеров сварочной ванны, последовательности выполнения сварных швов, условий закрепления изделия в приспособлении на уровень остаточных деформаций и напряженное состояние сварной конструкции.

В качестве инструмента для теоретического решения данной задачи выбран программный продукт Simufact.welding, который основан на методе конечных элементов. Последовательность расчета в Simufact.welding включала следующие основные этапы.

1. Импорт геометрии модели в формате файлов Nastran (*.bdf). Каждая деталь, входящая в моделируемую сборочную единицу, должна быть загружена отдельным файлом и разбита на конечные элементы.

Объектом исследований являлась сварная балка двутаврового сечения со следующими размерами: стенка 300 x 10 мм, верхняя полка 200 x 10 мм, нижняя полка 150 x 10 мм, длина 1 м.

2. Задание условий крепления деталей модели для решения деформационной задачи. В программе возможен выбор трех вариантов креплений, имитирующих сборочно-сварочное приспособление: опора (bearing), фиксатор (fixing) и прижим (clamp). Условия крепления можно активировать или деактивировать в любой временной отрезок расчета.

3. Для создания траектории перемещения сварочной дуги можно использовать два способа: непосредственный выбор узлов модели (в нашем случае для задания прямой линии необходимо было указать две точки, расстояние между которыми равнялось длине балки) или указание на файл с расширением *.CSV (создается и редактируется в MS Excel), в котором содержится информация о координатах точек траектории. Порядок поузлового выбора точек или указания их в файле определяет последовательность сварки. В нашем случае рассматривались следующие последовательности сварки угловых швов двутавровой балки: два верхних и нижних шва варятся одновременно в одном направлении, два верхних и нижних шва варятся одновременно в противоположных направлениях, все швы варятся поочередно в одном направлении, все швы варятся поочередно в противоположных направлениях.

4. Ввод параметров режима сварки: сварочный ток (задавался из диапазона от 250 до 500 А), напряжение (от 26 до 32 В) и эффективный КПД процесса сварки – 0.82.

5. Задание размеров сварочной ванны с использованием модели Goldak's Double Ellipsoidal Heat Source, которая описывается четырьмя параметрами, представленными на рис. 1. Наиболее точным является задание этих размеров непосредственным измерением с макрошлифов образцов, сваренных на заданных параметрах режима.

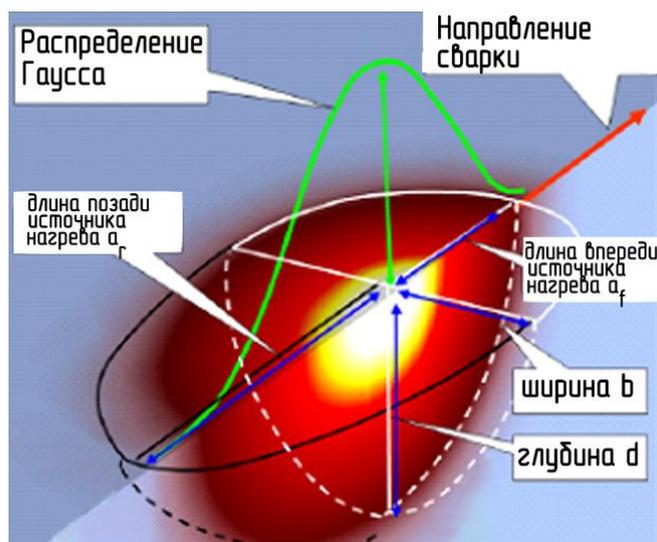


Рис. 1. Принятая в расчете модель источника нагрева (по Goldak)

6. Задание размеров наплавленного металла. В нашем случае наплавленный металл геометрически представляет собой прямоугольный равнобедренный треугольник с катетом 6 мм. Геометрию сварного шва программа генерирует самостоятельно по заданным размерам (катет, выпуклость или вогнутости валика шва) вдоль выбранной траектории.

7. Выбор свойств основного и наплавленного металла, используя стандартную библиотеку материалов (приводятся зависимости механических и теплофизических свойств от температуры, а также кривые фазовых превращений, которые при необходимости могут быть активированы).

8. Проверка временной кривой расчета с указанием времени охлаждения после сварки и контролем последовательности выполнения сварных швов.

После успешного завершения расчета можно выводить следующие результаты: шесть компонент напряжений (нормальных и касательных), деформации по трем осям, общие пластические деформации и их компоненты, эффективные напряжения, графики термических циклов точек (рис. 2).

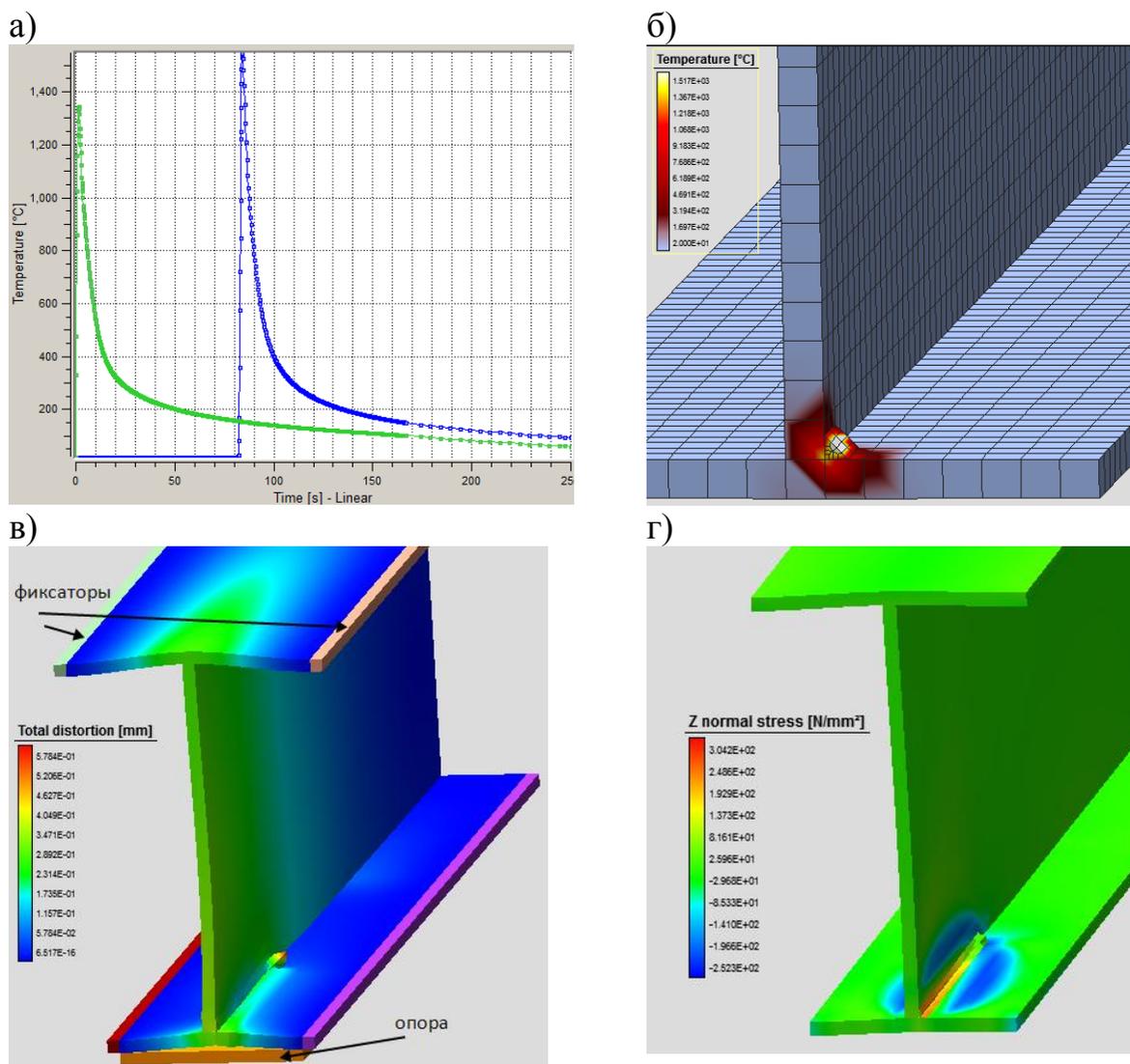


Рис. 2. Результаты расчета: а – термические циклы конечных точек сварного шва; б – распределение температурного поля; в – общая деформация конструкции в процессе выполнения шва и граничные условия закрепления модели; г – нормальные напряжения вдоль оси шва

Показано, что изменение величины погонной энергии сварки оказывает наибольшее влияние на остаточные напряжения и деформации по сравнению с другими параметрами расчета (напряжение, размер катета и т. д.). Например, при увеличении в два раза погонной энергии (за счет уменьшения скорости сварки) общие деформации в конце стадии остывания достигли 2,22 мм, т. е. увеличились на 70 %.

Таким образом расчеты, проводимые с помощью Simufact.Welding, позволяют выбирать рациональный порядок выполнения швов, оценивать влияние параметров режима сварки и размеров шва на остаточные напряжения и деформации с учетом взаимодействия свариваемой конструкции с элементами сборочно-сварочной оснастки.