

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В LS-DYNA

Рызыванов И.П.¹, Куцев Н.М.²

¹Самарский университет, г. Самара, iryzyvanov@gmail.com

²АО «КАДФЕМ Си-Ай-Эс», nikita.kutsev@cadfem-cis.ru

Ключевые слова: электродуговая сварка, сопряженное моделирование, сварочные деформации, коробление детали.

Сварка является одним из наиболее распространенных процессов получения неразъемных соединений. В авиационной промышленности широко применяются все виды сварки: электродуговая, сварка под флюсом или под шлаком, газовая сварка, контактная сварка, сварка трением и так далее. В двигателестроительной промышленности свариваемые соединения используются при изготовлении деталей статора (крепление ресивера клапана перепуска воздуха к корпусу двигателя) и ротора (крепление трактовых колец к дискам рабочих колец). Главное преимущество использования соединения сваркой заключается в снижении массы конечного изделия.

В данной работе рассматривается электродуговая сварка, но стоит отметить, что остальные виды сварки также могут моделироваться в LS-DYNA. Основными недостатками электродуговой сварки являются коробление конструкции в процессе и после сварки, а также остаточные напряжения. Для изготовления детали высокого качества необходимо понимать, в каких местах у детали будут большие деформации при сварке, и насколько существенны остаточные напряжения.

Подходов к моделированию сварки достаточно много: расчет тепловой задачи и механической отдельно, в сопряженной постановке, с учетом или без учета фазовых превращений и так далее [1–4]. Важная особенность процесса сварки состоит в том, что пятно теплового источника неоднородное с точки зрения распределения тепловой энергии. Считается, что наиболее близким к действительности для электродуговой сварки является распределение теплового потока в виде двойного эллипсоида (рис. 1).

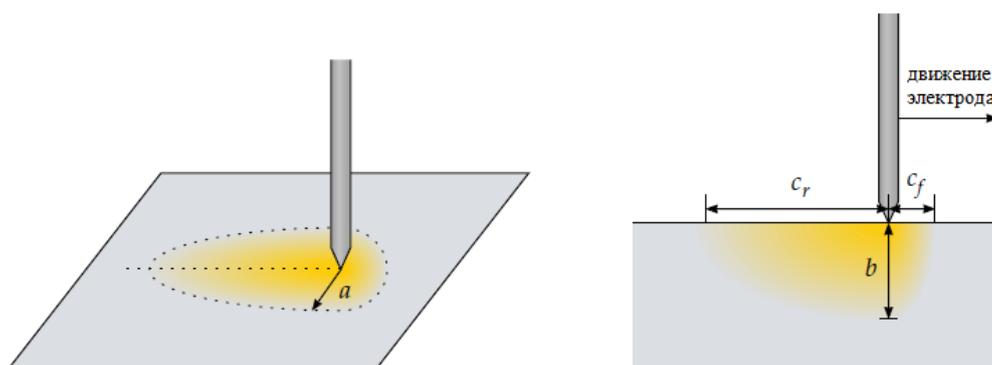


Рис. 1 – Распределения потока тепловой энергии в виде двойного эллипсоида

Кроме этого, важно учитывать, что в процессе сварки сварочный шов создается по мере движения электрода по заготовке. Данный нюанс хорошо учитывается с помощью «смерти/рождения» конечных элементов.

Для моделирования процесса сварки посредством LS-DYNA был позаимствован пример из работы на данную тематику [5]. В данной работе приводятся результаты эксперимента сварки двух металлических пластин габаритами 80×60×1 мм из малоуглеродистого стального сплава 04X18H10.

Результаты моделирования сварки в виде перемещений пластин представлены на рис. 2. Перемещение конца сварного шва составило 6,5 мм, экспериментальное значение перемещения 6 мм, соответственно погрешность моделирования 8,3 %.

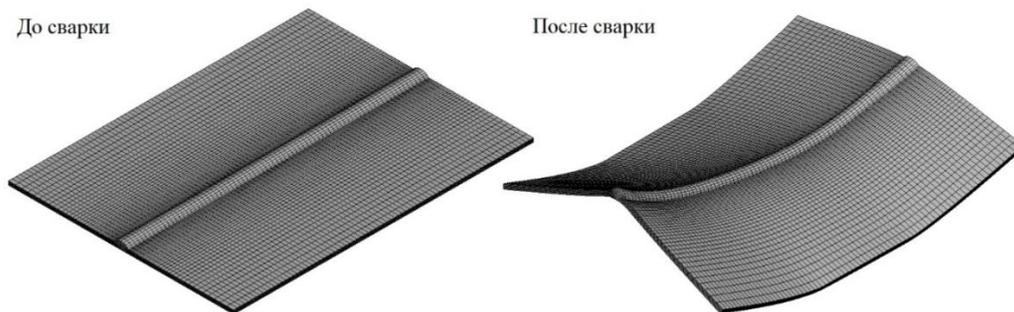


Рис. 2 – Коробление пластин в результате теплового воздействия

Существуют и более подробные постановки задачи. Например, с помощью программы LS-DYNA можно моделировать фазовые переходы в металле при нагревании – превращения феррита в аустенит и обратное превращение при охлаждении. Кроме фазового перехода, некоторые модели материалов позволяют определять твердость по Виккерсу или размер зерна.

Список литературы

1. Ueda Y. Simplifying methods for analysis of transient and residual stresses and deformations due to multipass welding / Y. Ueda, K. Nakacho // Trans. JWRI (Osaka, Japan). 1982. №11(1). P. 95-103.
2. Mollicone P. Simple thermo-elastic-plastic models for welding distortion simulation / P. Mollicone, D. Camilleri // Journal of Materials Processing Technology. 2006. №176. P. 77-86.
3. Zhang W. Modeling and Real Time Mapping of Phases during GTA Welding of 1005 Steel / W. Zhang, J.W. Elmer, and T. Deb Roy // Materials Science and Engineering A. 2002. Vol. 333. № 1-2. P. 320-335.
4. Zhi Li Feng Processes and Mechanisms of Welding Residual Stress and Distortion / Zhi Li Feng. – Cambridge, UK: Woodhead Publishing Ltd, 2005.
5. Афшин М.Х. Математическое моделирование сварочных деформаций в тонких пластинах / М.Х. Афшин, А.Ф. Пантелеенко // Наука и техника. 2011. № 5. С. 18– 25.

Сведения об авторах

Рызыванов Илья Петрович, студент группы 2405-240502D Самарского университета.

Куцев Никита Михайлович, руководитель отдела прочности филиала в ПФО АО «КАДФЕМ Си-Ай-Эс».

SIMULATION OF ELECTRIC ARC WELDING USING THE FINITE ELEMENT METHOD IN LS-DYNA

Ryzyvanov I.P.,

Samara National Research University, Samara, Russia, iryzyvanov@gmail.com

Keywords: electric arc welding, conjugate modeling, welding deformations, part warping.

Welding is one of the most widespread processes for producing non-detachable connections. In aviation, welding is very popular because of the reduced weight of the final product. In this paper, we consider electric arc welding, in the conjugate formulation of the problem, without taking into account phase transformations. The simulation results differ from the experiment by 9 %.