

УДК 621.9.048.7:621.375.826

## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ

**А.О. Павленок, И.В. Царенко**

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

В зоне лазерной сварки сосредоточены различные физико-химические процессы, описание которых является сложнейшей математической задачей. К тому же изменение параметров процесса лазерной сварки затруднено следствии высокой температуры и нечёткости границ области из-за присутствия вокруг неё паровой подушки из ионов металла и других компонентов сплава. Кроме того, неоднородность химического состава материала, неравномерное распределение примесей в металле приводят к прерывистому, нестабильному движению жидкого металла, пульсации параметров течения газа и жидкого металла. Этим объясняется сложность математического описания процесса лазерной сварки.

Существующие на сегодняшний день модели лазерной сварки далеки от адекватного описания всех теплофизических и гидродинамических процессов протекающих в области сварки. В модели, предложенной в работе [1] не учитывается движение жидкого металла в сварочной ванне. Теплофизическая модель, разработанная в [2,3] не учитывает уравнение динамики вязкой жидкости, но может быть использована для расчёта некоторых параметров сварки, таких как ширина сварочного шва, размер сварочной ванны.

Наиболее точно на сегодняшний день процесс лазерной сварки описывает трёхмерная квазитрёхмерная математическая модель [4]. В этой модели для описания теплопереноса используется уравнение теплопроводности с конвективными членами, а для моделирования течения жидкого металла в сварочной ванне уравнения Навье–Стокса. В модели учитывается наличие парогазового канала в зоне воздействия лазерного луча на пластины, а также трение паров металла, истекающих из канала, об его поверхность.

В результате осреднения уравнений трёхмерной модели по одной из пространственных переменных получена квазитрёхмерная модель. Слагаемое в уравнении теплопроводности, описывающее диффузию тепла, аппроксимировано двумя способами: с учетом средней полуширины ванны и с использованием масштаба длины в тепловой волне. В случае, когда из каких-то способов оценки или из экспериментальных данных известна величина полуширины ванны, то для описания процессов в ванне

предпочтительнее использование первого способа аппроксимации, поскольку он точнее. На основе квазитрёхмерной модели и вариантов метода коллокаций и наименьших квадратов решения уравнений Навье–Стокса и уравнения теплопроводности создан новый алгоритм для численного моделирования процесса лазерной сварки с учетом конвекции в сварочной ванне. Он позволяет оценить влияние конвекции жидкого металла на распределение температуры в пластинах в процессе сварки и форму сварочной ванны.

#### Литература

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа / 7 изд-е. Изд-во Дрофа, 2003. 840 с
2. Черепанов А.Н., Шапеев В.П., Фомин В.М., Семин Л.Г. Численное моделирование теплофизических процессов при лазерной сварке с образованием парового канала // ПМТФ. 2006. Т. 47, № 5. С. 88 – 96.
3. Шапеев В.П., Черепанов А.Н. Конечно-разностный алгоритм для численного моделирования процессов лазерной сварки металлических пластин // Вычислительные технологии. 2006. Т. 11, № 4. С. 102 – 117.
4. Численное моделирование лазерной сварки тонких металлических пластин с учетом конвекции в сварочной ванне. // Теплофизика и аэромеханика. 2010. – Т17.№3. – С.451 – 466