

УДК 621.791

А.С. Ильин (5 курс, каф. ТнТС), В.А. Кархин, д.т.н. проф.

### УЧЕТ ТЕПЛОТЫ ПЛАВЛЕНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Для решения задач связанных с получением качественных сварных соединений необходимо учитывать процессы, происходящие при кристаллизации металла.

Часто при решении задач теории кристаллизации необходим специальный математический аппарат, так как некоторые задачи несут в себе постановку нелинейных условий. Проблема Стефана является одной из таких задач. Несмотря на многие попытки [1,2] численно разрешить данную проблему, решение задачи Стефана в основном сводят к более простому решению задачи Розенталя, пренебрегая теплотой плавления [3]. Однако исследования показывают, что для алюминиевых сплавов доля теплоты плавления достигает 40 % от общего теплосодержания сварочной ванны, для других свариваемых металлов – достигает 21...26 %, что и определяет необходимость учитывать теплоту плавления металла, переходя к задаче Стефана [2].

Целью данного исследования является разработка численного метода решения задачи Стефана применительно к сварке пластины и последующее использование данного алгоритма при решении обратных задач теплопроводности.

При решении задачи Стефана закон перемещения границы раздела фаз не задается, а должен быть найден из дополнительного условия теплового баланса на движущейся поверхности раздела фаз [1].

$$-\lambda \partial_n T|_l = -\lambda \partial_n T|_s + \rho L v_n \quad (1)$$

Это обстоятельство делает задачу нелинейной и требует разработки специальных приемов для ее решения. Ситуация значительно усложняется, если температурное поле зависит от двух пространственных координат. В этих условиях требуется определить не только закон перемещения границы раздела фаз, но и эволюцию ее формы в ходе процесса [4].

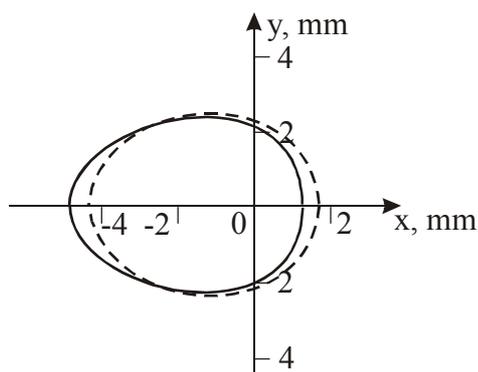


Рис.1. Границы сварочной ванны при сварке алюминиевой пластины:  
пунктирная линия – без учета теплоты плавления; сплошная линия – с учетом теплоты плавления.

начинается следующая итерация.

Авторами работы предложен алгоритм численного решения задачи Стефана. На первом этапе вводятся начальные данные: теплофизические характеристики материала, параметры источника тепла; затем, на втором этапе, вычисляются изотермы ликвидуса и солидуса без учета теплоты плавления материала; на третьем этапе накладывается сетка, своими размерами превышающая размеры зоны между двумя построенными изотермами. Так в ячейки, попавшие в головную часть зоны между изотермами солидуса и ликвидуса, помещаются стоки тепла, а в ячейки, попавшие в хвостовую часть этой области – источники тепла. Далее производится учет теплоты плавления, интегрированием источников и стоков теплоты; таким образом, вводится поправка на формы изотерм ликвидуса и солидуса и

Рассмотрим влияние теплоты плавления на форму сварного шва на примере сварки лазерным лучом пластины из алюминиевого сплава, толщиной 1.6 мм. Сварка производилась со скоростью 10 мм/с [5]. Решение обратной задачи теплопроводности показало, что эффективная мощность источника составляет 351 Вт. На рис. 1. представлены границы сварочной ванны с учетом и без учета теплоты плавления.

Из рис. 1. видно, что удлинилась хвостовая часть сварочной ванны, и несколько уменьшилась ее ширина.

*Выводы.* Предложен численный метод учета теплоты плавления материала при сварке пластины. Подтверждено существенное влияние теплоты плавления на форму сварочной ванны при сварке алюминиевых сплавов. Разработанный алгоритм используется авторами работы при решении обратных задач теплопроводности с целью расчета основных параметров режима сварки по требуемым формам сварного соединения.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. N. Pirch, E.W. Kreutz Influence of heat transformation on the interface of phase transition. Modelling of casting, welding and advanced solidification processes V11. The minerals, metals & materials society, 1995, pp. 75-79.
2. Н.А. Соснин, Б.В. Федотов Формирование ванны и тепловая обстановка при плазменной сварке проникающей дугой. Сварочное производство, 1989, №9.- С. 35-35.
3. D. Rosenthal, The theory of moving heat sources of heat and its application to metal treatments, Transactions of the ASME 68 (1949) pp.849-866
4. Б.Я. Любов Теория кристаллизации в больших объемах. М.:Наука, 1975. 256 с.
5. Norman A.F., Ducharme R., Mackwood A., Kapadia P., Prangnell P.B. Application of thermal modelling to laser beam welding of aluminium alloys // Science and Technology of Welding and Joining, Vol. 3, N 5, 1998, p. 260-266.