

УДК 669.71.535.241

ЛАЗЕРНАЯ НАПЛАВКА КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ КОЛЬЦЕВЫМИ ПУЧКАМИ

А.В. МАКСИМЕНКО, В.Н. МЫШКОВЕЦ, * А.И. КРАВЧЕНКО,
* П.С. ШАПОВАЛОВ

Учреждение образования
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им.Ф.Скорины»

* Учреждение образования
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. П.О. Сухого»

Гомель, Беларусь

Одним из способов, применяемых для повышения эффективности процесса лазерной наплавки металлов, является использование кольцевых пучков. Наплавка таким пучком приводит к уменьшению выброса металла из зоны наплавки и к смещению большей части расплавленного металла к центру лазерного пятна.

Для расчета температуры (T) при нагревании металлов лазерным пучком было использовано стационарное уравнение теплопроводности

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = -\frac{1}{\lambda} I, \quad (1)$$

где λ – теплопроводность материала; I – тепловой источник (интенсивность лазерного пучка).

В качестве теплового источника использована функция вида:

$$I = (C_0 + C_1 r^2 + \dots + C_n r^{2n}) \exp\left(-\frac{2r^2}{w_0^2}\right). \quad (2)$$

Здесь $r = \sqrt{x^2 + y^2}$, w_0 – радиус пучка. В случае $C_0 \neq 0$, а $C_i = 0$, ($i = \overline{1, n}$) имеем обычный гауссовый круговой пучок, где C_0 – является интенсивностью лазерного излучения на оси пучка $r = 0$. Если $C_0 = 0$, то имеем кольцевой лазерный пучок. И в зависимости от выбора C_i можно подобрать произвольную форму пучка.

Решение уравнение (1) с учетом (2), получено в аналитической форме. Анализ решения показывает, что распределение температуры на поверхности материала, при использовании кольцевых пучков более равномерно в сравнении с гауссовыми пучками.

Для получения кольцевых пучков, разработана оптическая схема технологической установки, в состав которой введены телескопическая система и две конические линзы. Одна коническая линза помещена между линзами телескопа, а другая расположена на некотором расстоянии от него.

Лазер генерирует пучок цилиндрической формы со сплошным круговым сечением, который после прохождения через отрицательную линзу, первую



коническую линзу и положительную линзу, перераспределяется в кольцевой пучок в результате преломления на конической поверхности линзы. Затем этот пучок направляется на вторую коническую линзу у которой угол при основании выбран таким образом, чтобы после преломления он распространялся параллельно оптической оси системы. Плавное изменение диаметров кольцевых контуров осуществляется посредством перемещения конической линзы вдоль оптической оси системы с изменением ее положения относительно одного из компонентов телескопической системы.

Исследования процесса наплавки проводились на поверхности образцов высокопрочной стали 30ХГСА при использовании пучков кольцевого и кругового сечения в среде аргона. В ходе исследований плотность мощности выбиралась таким образом, чтобы глубина плавления основы соответствовала диапазону оптимальных значений, которые были определены ранее в предположении об использовании присадочного материала в виде проволоки диаметром – $0,5 \cdot 10^{-3}$ м.

В результате данных исследований было установлено, что при заданных значениях плотности мощности лазерного излучения коэффициент формы наплавки при использовании кольцевого пучка равен 0,8, для пучка кругового сечения – 0,6. Это обстоятельство подтверждает то, что при наплавке кольцевым пучком расплав движется от периферии к центру и поэтому форма наплавки более предпочтительна, чем при использовании гауссового пучка.

Анализ данных также показал, что размерные параметры процесса наплавки зависят не только от энергетических и временных характеристик лазерного излучения, но и от распределения интенсивности в поперечном сечении пучка лазерного излучения.

