

В. Г. Баевич
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)
Науч. рук. Г. А. Баевич, ст. преподаватель

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ НА ПОВЕРХНОСТЬ МЕТАЛЛА

Использование лазеров предполагается в тех технологических процессах, которые неосуществимы с помощью других источников энергии, или процессов, связанных с большими энергетическими и временными затратами. Это связано с тем, что использование лазерного излучения обладает рядом преимуществ в сравнении с другими способами: формирует существенно меньший объём ванны расплава и зоны термического влияния, позволяет получать высококачественные сварные соединения для большинства конструкционных материалов, обеспечивает высокую линейную скорость процесса обработки и др. [1–2].

Для описания процессов воздействия лазерного излучения применяются методы моделирования, основанные на решении дифференциальных уравнений теплопроводности в линейной постановке при линейных граничных условиях; при этом коэффициенты, характеризующие теплофизические свойства материала (теплопроводность, теплоёмкость, плотность, коэффициент теплопередачи и др.) считаются независимыми от температуры [3]. Аналитические решения нелинейных задач теплопроводности обычно используются для проведения инженерных расчётов, в которых не требуется получения результатов с высокой точностью.

Целью работы являлась разработка математической модели нагрева поверхности металлов импульсным лазерным излучением.

Основой модели являлось дифференциальное уравнение:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial T}{\partial z} \right) + Q(t) = \rho \cdot c \frac{\partial T}{\partial t},$$

где (x, y, z, t) – пространственные и временная координаты;

$Q(t)$ – тепловой поток;

k, ρ, c – теплопроводность, плотность и теплоемкость материала.

В качестве смешанного граничного условия на поверхности обрабатываемой детали задано уравнение

$$-k \frac{\partial T}{\partial z} = Q(t) - \alpha(T - T_0) - \sigma \varepsilon (T^4 - T_0^4),$$

где k – удельная теплопроводность;

α – коэффициент конвекции;

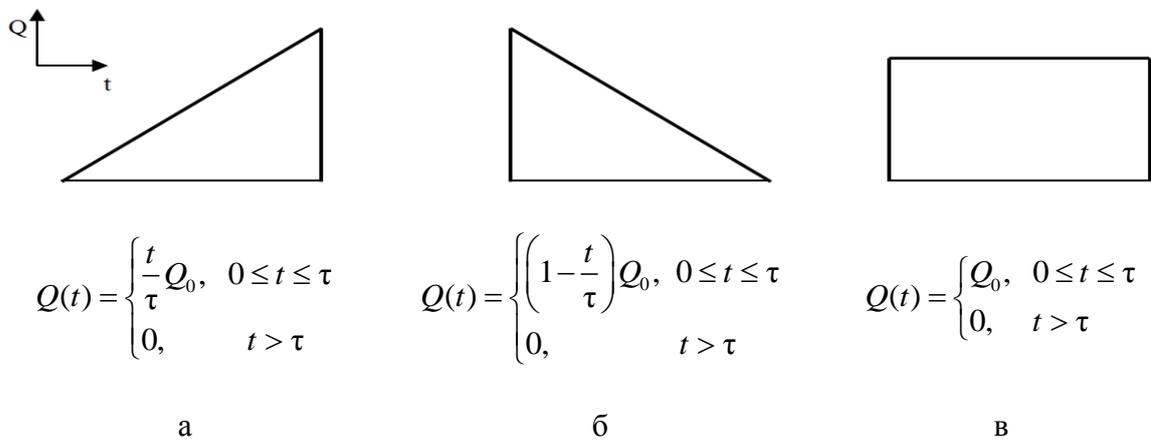
σ – постоянная Стефана-Больцмана;

ε – степень черноты;

T_0 – температура окружающей среды;

$Q(t)$ – тепловой поток.

Зависимость теплового потока от времени задавалась в виде импульсов треугольной и прямоугольной формы (рисунок 1).



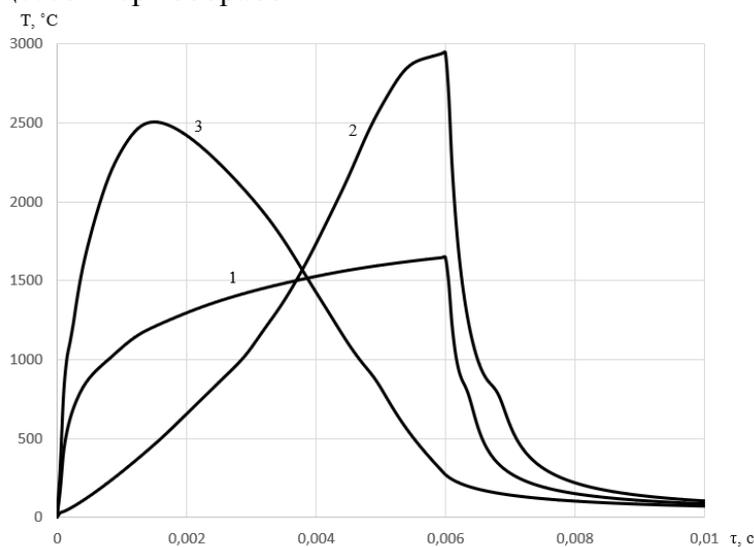
а – треугольный с линейно возрастающим передним фронтом; б – треугольный с линейно убывающим задним фронтом; в – прямоугольный, Q_0 – максимальный тепловой поток в импульсе, τ – длительность импульса

Рисунок 1 – Схематическое изображение тепловых импульсов

Расчеты проводились для импульсов с различными энергетическими (0–12 Дж) и временными ($4-10 \cdot 10^{-3}$ с) характеристиками.

На рисунке 2 представлен сравнительный график зависимости температуры от времени на поверхности образца в зоне воздействия лазерного излучения при использовании импульсов прямоугольной и треугольной форм.

Установлено, что при использовании лазерных импульсов различной формы с одинаковыми энергетическими и временными параметрами наблюдаются существенные различия в распределении температур в зоне воздействия лазерного излучения. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что выбор формы импульса лазерного излучения является важным этапом для проведения и оптимизации процессов термообработки.



1 – прямоугольный импульс; 2 – импульс треугольной формы с линейно возрастающим передним фронтом; 3 – импульс треугольной формы с линейно убывающим задним фронтом

Рисунок 2 – Зависимость температуры от времени на поверхности образца при использовании лазерных импульсов энергией $E = 4,5$ Дж и длительностью $\tau = 6 \cdot 10^{-3}$ с

Литература

1. Вейко, В. П. О нагреве материалов излучением ОКГ / В. П. Вейко, Я. А. Имас, М. Н. Либенсон // Физика и химия обработки материалов. – 1967. – № 1. – С. 27–32.
2. Коваленко, В. С. Упрочнение и легирование деталей машин лучом лазера / В. С. Коваленко, Л. Ф. Головкин, В. С. Черненко. – Киев : Техника, 1990. – 192 с.
3. Моделирование теплофизических процессов импульсного лазерного воздействия на металлы / А. А. Углов, И. Ю. Смуров, А. М. Лашин, А. Г. Гуськов. – М. : Наука, 1991. – 288 с.