

УДК 621.735.80

А.Д. Шенявин (3 курс, каф.ТКМ), Е.В. Гузова, инж.,
В.Д. Самойленко, ст. преп.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В МАТЕРИАЛЕ ЗАГОТОВКИ ПОД ПЯТНОМ НАГРЕВА ПРИ ПЛАЗМЕННО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Резание материалов с предварительным подогревом вызывают необходимость исследования тепловых явлений в обрабатываемой заготовке и режущем инструменте. Температурное поле является существенным фактором, влияющим на изменение физико-механических свойств и структурные превращения в металле – это с одной стороны, а с другой должны быть сохранены требования к качеству обработанной поверхности и стойкости инструмента.

При высокопроизводительных процессах обработки металлов резанием, в частности при плазменно-механическом фрезеровании и точении, для построения картины температурного поля в материале заготовки $\Theta(x,y,z)$ используется быстро движущийся источник нагрева (число Пекле $Pe \geq 10$). Обрабатываемая заготовка рассматривается как полубесконечное тело, по поверхности которого перемещается плоский источник с размерами по длине соответственно a и ширине b с заданной постоянной скоростью $V_{и}$.

Решение задачи в такой постановке для полубесконечного тела с теплопроводящей границей было получено методом источников в работе [1]. Результаты решения с определенными допущениями использовались для объяснения тепловых эффектов при сварке [2] и плазменно-механической обработке [3]. Для расчета температуры при этом применялось следующие выражение:

$$\Theta(x, y, z) = \frac{q}{2\pi\lambda} \int_0^a \frac{dx_u}{x - x_u} \int_{-b}^b \exp\left(-\frac{V_{и}((Y_u - Y)^2 + Z^2)}{4\omega(x - x_u)}\right) dy_u \quad (1),$$

где $\Theta(x,y,z)$ – температура в произвольной точке теплопроводящего тела, с координатами x, y, z ; q – интенсивность теплового источника; λ – коэффициент теплопроводности; $x_{и}, y_{и}, z_{и}$ – координаты центра источника; ω – коэффициент температуропроводности.

Построение трехмерного температурного поля сводится к вычислению двойных интегралов. Аналитическое интегрирование формулы (1) не представляется возможным, поэтому предлагается провести численное интегрирование.

Следует заметить, что выражение (1) не позволяет провести прямое вычисление температуры под источником нагрева, так как подынтегральная функция в точке $x = x_{и}$ обращается в бесконечность, т.е. интеграл (1) является несобственным интегралом 1-го рода. В силу этого было проведено исследование поведения подынтегральной функции $F(x_{и}, y_{и}, z_{и})$ в точке $x = x_{и}$ и установлено, что $\lim_{x_u \rightarrow x} F(x_u, y_u, z_u) = 0$, т.е. интеграл (1) является сходящимся и проведение численного интегрирования является возможным.

Для численного интегрирования выражения (1) был разработан алгоритм и составлена программа на языке VIGION-Бейсик. Результатом реализации программы является картина температурных полей в материале заготовки из стали 5 ХНМ при плазменно-механическом фрезеровании со следующими параметрами процесса: $I = 330A$, $U = 120V$ (I, U – соответственно ток и напряжение на плазменной дуге); $a = 40$, $b = 80$ мм, $\lambda = 33,3$ Дж/(м с град); $\omega = 6,9 \times 10^{-6}$ м²/с; $V_{и} = 252$ мм/мин; $\eta = 0,4$ -коэффициент полезного действия плазменной дуги; $q = IxUx\eta$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ф.М.Морс, Г. Фейшбах Методы теоретической физики. М., 1948, т.1, 305 с.
2. Н.Н. Рыкалин. Расчет тепловых процессов при сварке. М. 1951.
3. А.Н. Резников, М.А. Шатерин и др. Обработка металлов резанием с плазменным нагревом. М.: Машиностроение, 1986.