

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЯХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ДВИЖУЩЕЙСЯ ПЛАЗМЕННОЙ ДУГИ

В любом процессе термообработки важным фактором является исследование распределения полей температур [1]. Задача определения температурных полей при поверхностном плазменном упрочнении металлов заслуживает особого внимания, так как, зная распределение температуры по глубине образца в различные моменты времени при его нагреве и последующем охлаждении за счет быстрого отвода тепла, можно прогнозировать изменение структурных характеристик сталей в рассматриваемой точке.

Трудности, связанные с проведением экспериментальных исследований по непосредственному измерению температурных полей в приповерхностном слое обрабатываемой детали при поверхностной плазменной закалке привели к необходимости теоретического исследования температурных полей, т. е. разработки методики и алгоритма решения задачи теплопроводности с соответствующими краевыми условиями.

Для проведения теоретических исследований сначала проводится эксперимент по определению температуры как функции времени в точках, достаточно удаленных от приповерхностного слоя, при известных граничных условиях на всех поверхностях обрабатываемой детали (за исключением поверхности подверженной воздействию плазменной дуги). На основе решения обратной задачи теплопроводности [2] восстанавливаются характеристики теплового нагружения (поле температур или плотность теплового потока) на поверхности обрабатываемой детали. Затем на основе решения прямой задачи теплопроводности находится температурное поле в приповерхностном слое.

Рассмотрена задача определения температурного поля в приповерхностном слое пластины с размерами a , b , c нагреваемой в плоскости $y = b$ плазматроном, движущимся со скоростью v вдоль оси x (рисунок 1). При достаточно больших скоростях движения плазматрона, имеющих место в реальных условиях, с достаточной степенью точности можно пренебречь распространением тепла в направлении оси Ox .

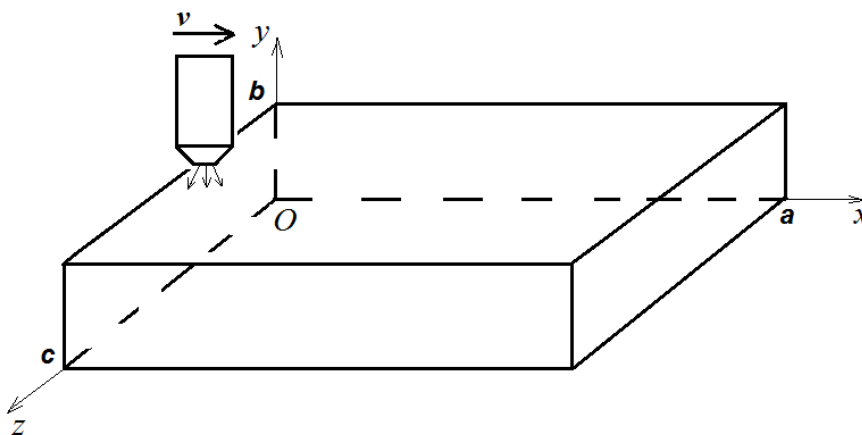


Рисунок 1 – Схема температурного нагружения образца движущимся источником тепла

Считая, что нижняя поверхность адиабатически изолирована и что при экспериментальных исследованиях определяется температура на грани $y = 0$, получим двухмерную нестационарную краевую задачу теплопроводности:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right), \quad 0 < y < b, \quad 0 < z < c, \quad 0 < \tau \leq \tau_m, \quad T(x, y, z, 0) = \varepsilon(x, y, z),$$

$$\frac{\partial T(x, y, 0, \tau)}{\partial z} = \frac{\partial T(x, y, c, \tau)}{\partial z} = \frac{\partial T(x, 0, z, \tau)}{\partial y} = 0, \quad T(x, 0, z, \tau) = f(x, z, \tau), \quad (1)$$

где T – температура, a – коэффициент температуропроводности, ε, f – известные функции.

Неизвестной на первом этапе является плотность теплового потока:

$$q(x, z, \tau) = -\lambda \frac{\partial T(x, b, z, \tau)}{\partial y}, \quad (2)$$

где λ – коэффициент теплопроводности.

Данная величина используется в качестве исходных данных для решения прямой краевой задачи теплопроводности по определению полей температур при реальных условиях наличия теплообмена на боковых и нижней грани.

Таким образом, для определения плотности теплового потока проводятся экспериментальные исследования по определению температурного поля на адиабатически изолированной нижней грани пластины при движении плазмотрона вдоль верхней грани. При экспериментальных исследованиях использовалась пластина с линейными размерами b и c , которые позволили исключить необходимость адиабатической изоляции боковых граней. По результатам последующего решения задачи теплопроводности получено распределение температуры в приповерхностном слое пластины. Типичные зависимости для пластины из стали 45 приведены на рисунках 2–4.

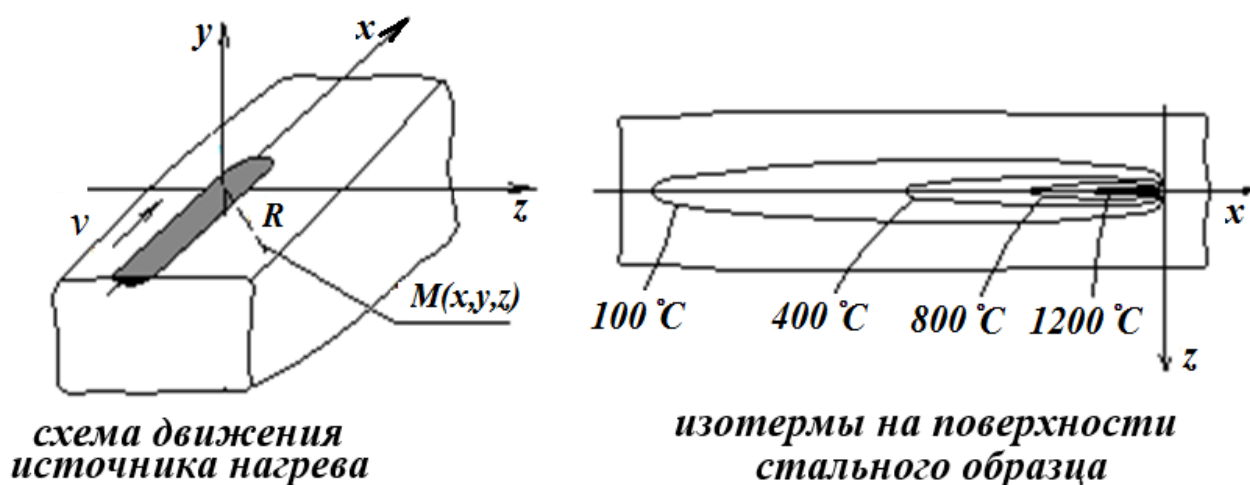


Рисунок 2 – Распределение температуры в поверхностном слое стали 45

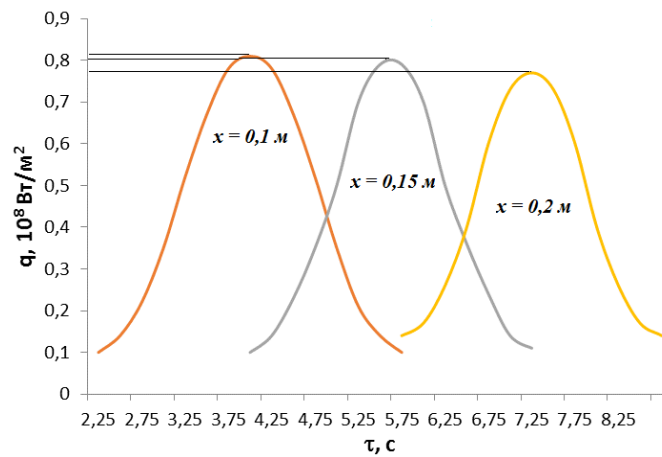


Рисунок 3 – Результаты расчета функции $q(x,z,\tau)$ при скорости движения плазмотрона $v=30 \text{ мм/с}$ ($I=90 \text{ А}$, $U=110 \text{ В}$, $z=0,08 \text{ м}$)

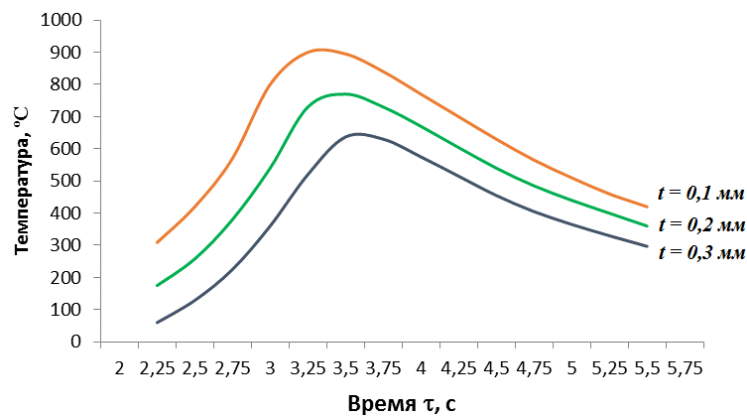


Рисунок 4 – Типичные зависимости температуры в приповерхностном слое образца от времени ($v=30 \text{ мм/с}$, $I=90 \text{ А}$, $U=110 \text{ В}$, $z=0,08 \text{ м}$, $x=0,1 \text{ м}$)

Для контроля полученных результатов проведены исследования температурных полей при помощи приборной системы [3], внешний вид которой показан на рисунке 5. Основными элементами измерительной системы являются цифровой анализатор и компьютер. Цифровой анализатор позволяет усиливать малый аналоговый сигнал, отфильтровывать его, отцифровывать и масштабировать. Взаимодействие с системой обеспечивается компьютером. Система позволяет выполнять регистрацию температуры со скоростью до 1000 измерений в секунду.

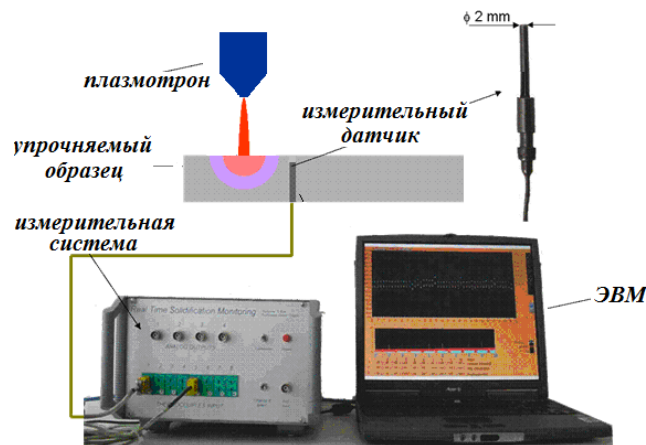


Рисунок 5 – Приборная система

На основании экспериментальных исследований при помощи приборной системы получены значения температурного поля приповерхностного слоя образцов от времени при воздействии движущейся плазменной дуги.

Исходя из проведенных экспериментов и теоретических расчетов можно констатировать, что максимальное расхождение температуры в точках поверхностного слоя образца не превышает 15 %.

Список цитированных источников

1. Спиридонов, Н.В. Плазменные и лазерные методы упрочнения деталей машин / Н.В. Спиридонов, О.С. Кобяков, И.Л. Куприянов. – Минск: Высшая школа, 1988. – 155 с.
2. Тёмкин, А.Г. Обратные задачи теплопроводности. – М.: Энергия, 1973. – 464 с.
3. Веремейчик, А.И. Теоретические исследования температурных полей при воздействии плазменной струи по результатам экспериментальных данных / А.И. Веремейчик, М.И. Сазонов, В.М. Хвисевич, И.Г. Томашев // Теоретическая и прикладная механика. – 2017. – Вып. 32. – С. 94–99.

УДК 637.5:664.3.032

Бурштын А. В.

Научный руководитель: ст. преподаватель Ляшук Н. У.

СИСТЕМА МАШИН ДЛЯ МЯСОЖИРОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВОГО ЖИРА

В результате убоя и разделки скота на выходе получают кроме мяса на кости различные продукты убоя, в том числе жир-сырец, который является сырьем для производства пищевого жира.

Цель и задачи исследования. Целью является организация серийного производства технологической линии на машиностроительном предприятии Республики Беларусь. Производство пищевого жира – дорогостоящее мероприятие, поэтому оно рентабельно для мясожировых производств мощностью от 60 свиней в час и от 25 КРС в час. Задачей настоящих исследований является разработка технологической линии производства пищевого жира для мясожировых производств мощностью от 60 до 120 свиней в час и от 25 до 50 КРС в час.

Существует два основных метода переработки пищевого жира: мокрый и сухой.

Мокрый способ вытопки (рисунок 1) заключается в том, что в течение всего процесса жировое сырье находится в непосредственном соприкосновении с водой или острым паром. Соединительно-тканые белки сырья под действием влаги и тепла гидролизуются и частично растворяются, высвобождая жир, который всплывает на поверхность воды.

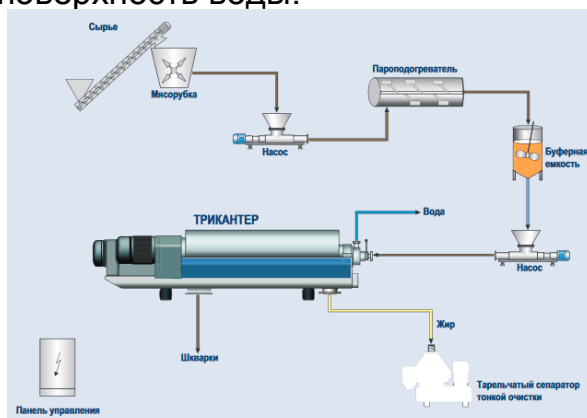


Рисунок 1 – Схема мокрого способа вытопки жира