

Список использованных источников

1. Поволоцкий, Д.Я. Электрометаллургия стали и ферросплавов / Поволоцкий Д.Я. [и др.] // М.: Metallurgy, 1974. – 551 с.

УДК 621.78.012.5

Математическая модель индукционного нагрева ограниченных цилиндрических заготовок

Магистрант Цыкунов П.Ю.

Научные руководители – Трусова И.А., Рафальский И.В.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Нагрев электромагнитными источниками (индукционный нагрев) получил повсеместное распространение в металлургической промышленности, постепенно вытесняя традиционный нагрев, использующий теплоту сжигания природного топлива. Несмотря на то, что электричество, по сути, вырабатывается преобразованием тепловой энергии (на ТЭЦ), появление альтернативных источников электроэнергии делает индукционный нагрев все более привлекательным с точки зрения следующих преимуществ: полная или частичная автоматизация и компьютеризация, точный и скоростной нагрев, избирательный (локальный) нагрев, низкое образование окалины, экологичность и др.

В мире существуют множество программ, позволяющих моделировать процессы нагрева металла. Из более мощных выделяют ANSYS и COMSOL, из более простых и доступных на территории СНГ – Universal 2D.

Нагрев заготовок круглого сечения может быть реализован с использованием численных методов решения задачи на основе модели следующего вида:

$$c(T)\rho(T) \frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{1}{r} \left[\frac{\partial}{\partial r} \lambda(T)r \frac{\partial T}{\partial r} \right] + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left[\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial \varphi} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \lambda \left[(T) \frac{\partial T}{\partial z} \right];$$

$$T = T(r; \varphi; z; 0);$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 < r < R; 0 \leq \varphi \leq \pi; \\ 0 \leq z \leq h; \tau \geq 0 \end{array} \right. ,$$

где T – текущая температура в точке;

r, φ, z – текущие значения радиуса, угла, продольного размера соответственно;

$\rho(T), c(T), \lambda(T)$ – плотность, теплоемкость, теплопроводность материала цилиндра.

Граничные условия формируются исходя из понятия о скин-слое заготовки. В результате эффекта уменьшения амплитуды электромагнитных волн по мере их проникновения вглубь проводящей среды, переменный ток высокой частоты при протекании по проводнику распределяется неравномерно по сечению, а преимущественно в поверхностном слое (скин-слое). Т.к. этот слой очень тонкий то, пренебрегая его толщиной, получим начальное значение температуры T_1 на поверхности заготовки.

Сеточная модель цилиндра представлена на рисунке 1 [1], где K_φ и K_z обозначают исходный контур (штриховая линия), необходимый при расчетах нагрева от окружающей среды, от которого при индукционном нагреве полностью отказываются:

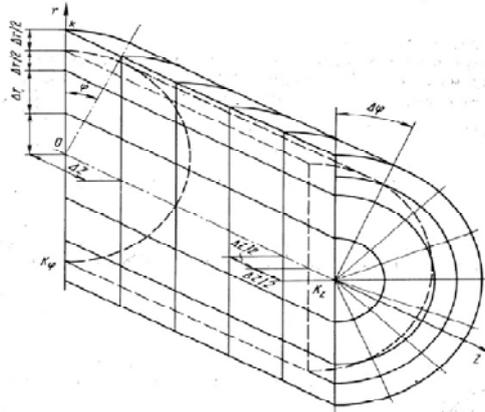


Рисунок 1 – Сеточная модель цилиндра

Реализация численного решения предлагаемой задачи выполнено в виде программного компонента, с использованием среды разработки Lazarus.

Значения теплофизических свойств в расчетах температурного поля определены как функции от температуры.

Корректность работы программного модуля проверена в соответствии с экспериментом, проведенным в [2]. На рисунке 2 представлено сравнение полученных результатов работы программы (а) с данными эксперимента (б) заготовки диаметром 45 мм:

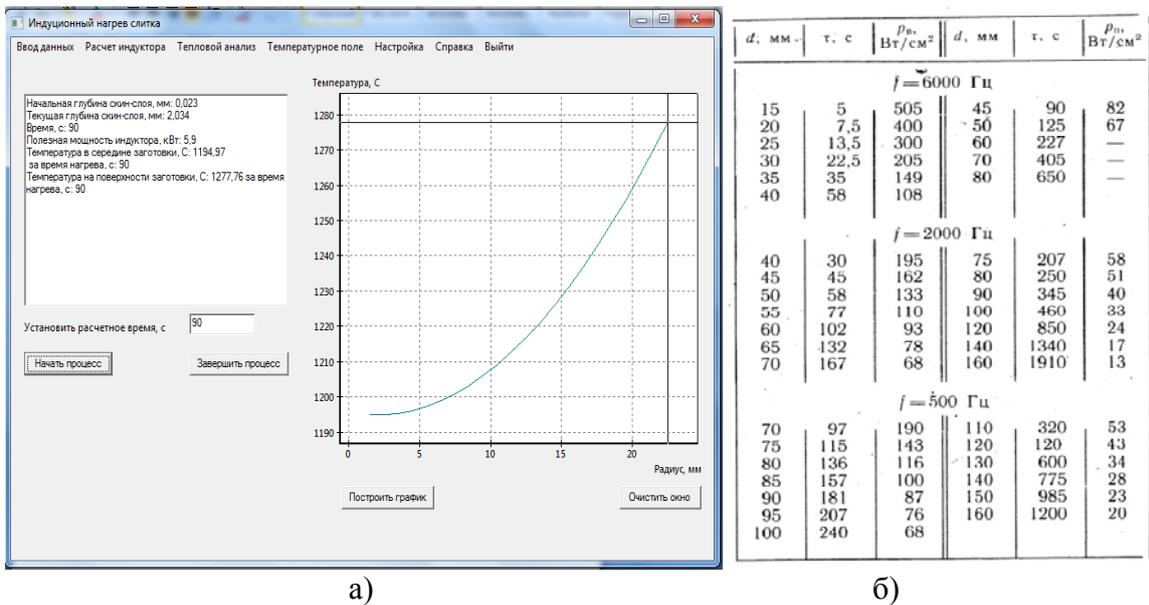


Рисунок 2 – Сравнение работы программы с результатами эксперимента

Список использованных источников

1. Тимошпольский, В.И. Кольцевые печи: Теория и расчеты / В.И. Тимошпольский, И.А. Трусова, М.Я. Пекарский; под общ. ред. В.И. Тимошпольского. – Мн.: Выш.шк., 1993. – 248 с.
2. Безручко, И.И. Индукционный нагрев для объемной штамповки / И.И. Безручко. – П.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1987. – 128 с.