

УДК 537.523:533.924

Е.Е.Смирнов (асп. каф. ЭиЭ), Н.Г.Гимазетдинова (6 курс, каф. ЭиЭ),
В.Я.Фролов, к.т.н., доц.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ЗАГОТОВКЕ ПРИ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ РЕЗКЕ

Основной особенностью метода электроконтактной резки (ЭКР) металлов является интенсификация резки крупногабаритных заготовок из высоколегированных и титановых сплавов, маломагнитных сталей и других труднообрабатываемых материалов в жидкой среде.

Электрическая дуга в условиях ЭКР металлов имеет импульсный характер и горит в парогазовой полости, заключенной между деталью и инструментом.

Распределение температурного поля в заготовке при ЭКР определялось на основе решения уравнения теплопроводности, и оно необходимо для количественного анализа физической картины протекающих при этом явлений. Основными исходными данными для расчета тепловых процессов являются передаваемая в анод мощность и скорость перемещения теплового источника.

Температурное поле строится в системе координат YZ при $x=\text{const}$, и по нему устанавливаются температурные зоны, соответствующие определяемым параметрам, – область, соответствующая объему испарившегося металла, где температура достигла $T_{\text{кип}}=3045^{\circ}\text{C}$ (для стали), область соответствующая расплавленному металлу ($T_{\text{пл}}=1530^{\circ}\text{C}$) и зона термического влияния, в которой происходят необратимые процессы вызывающие разрушение структуры металла (микротрещины, закалки, механические напряжения); она находится в области температур от 720°C (для стали 45) до температуры плавления.

Существуют численные и аналитические методы решения задач теплопроводности. Расчет проводился на основе аналитического решения (1) методом источников [1]. Рассматривается установившийся процесс при равномерном линейном распределении источника. Для сравнения, расчет производился также приближенным численным методом — методом конечных элементов [2].

$$T(y, z)_{x=\text{const}} = N \cdot \frac{P_a}{2\delta\pi\lambda} \cdot \left[\sum_{k=-m}^m \frac{h}{\sqrt{(x)^2 + (y - k \cdot h)^2 + (z)^2}} \cdot \exp\left(-\frac{v \cdot \left(\sqrt{(x)^2 + (y - k \cdot h)^2 + (z)^2} + x\right)}{2a_t}\right) \right], \quad (1)$$

где N – эквивалентный коэффициент; P_a – мощность, вводимая в заготовку; a_t – температуропроводность; δ – ширина реза; $2m$ – количество участков, на которое разбивается расчетная область по Y; $h=\delta/2m$.

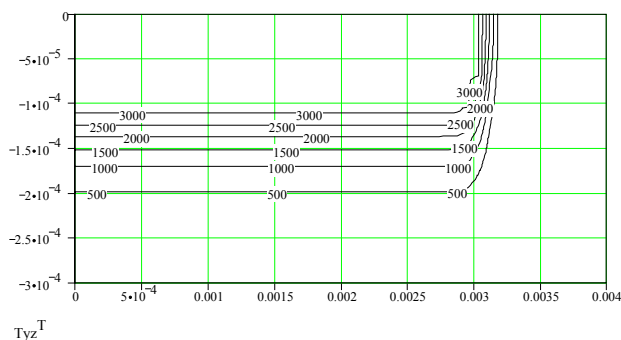


Рис. 1. Изотермы в поперечном сечении ($x=-0.01\text{мм}$) разрезаемой заготовки (метод источников) $\delta=6\text{мм}$

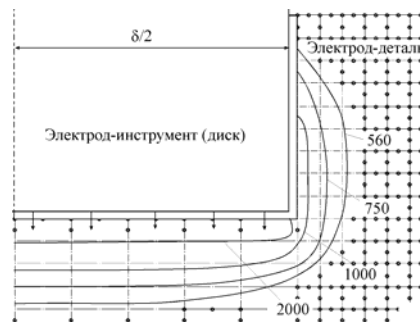


Рис. 2. Распределение температурного поля в поперечном сечении, полученное методом конечных элементов $\delta/2=2.5\text{мм}$

Примеры расчетов приведены на рис. 1, 2 для источника мощностью $P=15\text{ кВт}$ и линейной скорости вращения диска $v=21\text{ м/с}$.

Расчет температурного поля и определение параметров анодного пятна, используя упомянутые методики расчета, позволяет определить наиболее важные параметры технологического цикла, такие как: объемную и весовую производительности; количество и объем расплавленного и испарившегося металла в анодном пятне; величину зоны термического влияния; термический КПД и др.

Зона термического влияния, определенная указанными методами ($0.15\dots 0.35\text{мм}$), отличается от экспериментальных значений ($0.5\dots 0.7\text{ мм}$). Наиболее существенное расхождение с экспериментом наблюдается при расчете методом источников, который дает возможность рассчитать распределение температурного поля в металле только после одного прохода.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кархин В.А. Тепловые основы сварки. Учебн. пособие. Л., 1990.
2. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов: Пер. с англ. – М.: Мир, 1979. – 392с.