

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ
КОЛЕБАНИЙ СИЛЫ ТОКА НА ТЕМПЕРАТУРУ РЕЛЬСА
ПРИ КОНТАКТНОЙ СВАРКЕ**

Сейдахметов Нурлан Багитович

Магистрант

Казахстанский филиал МГУ имени М. В. Ломоносова, Астана, Казахстан

E-mail: nurlan.seidakhmetov@yandex.ru

Научный руководитель — Богомолов Сергей Владимирович

Бесстыковой путь получают путём сварки рельсов в рельсовые плети. На качество получаемого сварного соединения влияет структура металла, которая определяется температурным полем в процессе сварки и после её окончания. Температура в процессе сварки зависит от параметров режима сварки. Например, для контактной сварки, при которой рельсы нагреваются проходящим по ним током, такими параметрами являются сила сварочного тока и продолжительность сварки. Основной нагрев происходит в зоне соприкосновения торцов рельсов за счёт высокого контактного сопротивления. Величину этого нагрева можно определить по формуле [1]:

$$\Delta T = \frac{qk_{opl}}{c\rho\sqrt{4\pi a}} \int_0^{t_H} \exp\left(\frac{-x^2}{4at} + \beta\omega t\right) \frac{dt}{\sqrt{t}}, \quad (1)$$

где $q = \frac{UI}{F}$ - мощность источника теплоты, Вт/мм²; U - напряжение на зажимах сварочной машины, В; I - сила сварочного тока, А; F - площадь поперечного сечения рельса, см²; k_{opl} - числовой коэффициент, учитывающий, что часть вносимой энергии в процессе сварки выбрасывается вместе с искрами; $c\rho$ - удельная объёмная теплоёмкость, Дж/(К·см³); a - коэффициент температуропроводности, см²/с; t_H - время нагрева, с; x - расстояние от стыка, см.

В работе [1] значение сварочного тока принималось постоянным. Однако в реальности ввиду нестабильности контактов, которые образуются в зоне стыка, контактное сопротивление постоянно изменяется в процессе сварки. Это приводит к колебаниям силы тока, что видно на осциллограмме сварки рельсов методом непрерывного оплавления [2], приведённой на рис.1 (а). С целью разработки более точной модели проведено численное моделирование колебаний силы тока (рис.1 (б)). На графике показано среднее значение силы тока, использованное в работе [1]; сигнал, полученный путём генерирования отклонения от заданного среднего значения на осно-

ве нормального распределения; сила тока, полученная путём распознавания изображения исходной осциллограммы с использованием библиотеки cv2 для Python.

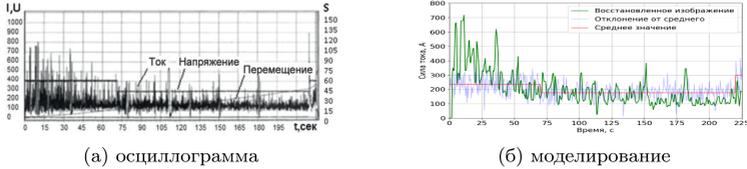


Рис. 1: Зависимость силы сварочного тока от времени сварки

На рис.2 показаны термические циклы, полученные при различных способах моделирования силы тока.

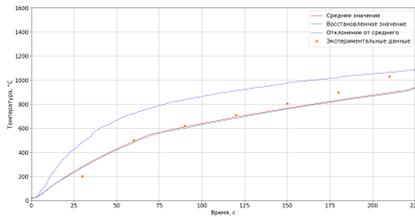


Рис. 2: Термические циклы

Термический цикл, полученный путём распознавания исходного изображения, значительно отличается от циклов, полученных другими способами, особенно на первом этапе сварки. В дальнейшем планируется переход к численному расчёту температуры в процессе сварки для трёхмерной модели рельса, что позволит добиться лучшего соответствия экспериментальным данным и учитывать влияние сложной формы рельса на итоговую температуру.

Литература

1. Воронин, Н.Н., Резанов В.А., Сейдахметов Н.Б. Влияние технологических параметров на термический цикл при стыковой контактной сварке рельсов // Сварочное производство. 2019. № 11. С. 21–28.
2. Резанов В. А. Разработка метода оплавления контактной сварки легированных рельсовых сталей / дисс. ... канд. техн. наук. / М.: 2013. 140 с.