

УДК 621.791.754

Моделирование теплового процесса в присадочной проволоке с учетом подогрева ее током и скорости подачи

Жилин Павел Львович¹cc.nn@mail.ru
SPIN-код: 7786-5678Мелюков Валерий Васильевич¹

rus_melyukov@mail.ru

Хохолков Артём Олегович²

hoholkovartem@yandex.ru

Мельниченко Олег Павлович^{1(*)}olegmelnik@bk.ru
SPIN-код: 8724-2700¹ НГТУ им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия² ВятГУ, Киров, Россия

Аннотация. Предложена математическая модель теплового процесса, протекающего в присадочной проволоке, подогретой протекающим электрическим током. Представленная модель позволяет численно определить распределение температуры по длине присадочной проволоки и режим ее подогрева протекающим электрическим током в зависимости от марки проволоки, ее диаметра, скорости подачи и вылета.

Ключевые слова: присадка, модель теплового процесса, подвижный источник нагрева, TIG выращивание, модернизированная установка

Введение. Для численного моделирования теплового процесса, протекающего в присадочной проволоке, использована одномерная математическая модель конечного размера с подвижным источником нагрева, распределенным по длине присадочной проволоки.

Проверка результатов расчета при WAAM выращивании (дуговое аддитивное производство из проволоки) способом TIG проводилась на модернизированной установке производства завода сварочного оборудования «Технотрон».

Метод моделирования и способы наплавки. При численном моделировании теплового процесса, протекающего в присадочной проволоке, использовано неоднородное, нестационарное, одномерное уравнение теплопроводности в подвижной среде [1] и граничные условия четвертого рода [2]. Плотность мощности объемного источника подогрева, распределенного по длине присадки [3], определялась по закону Джоуля — Ленца.

По сравнению с лазерной и электронно-лучевой наплавкой, энергоэффективность электродуговой наплавки произвольных форм способами TIG и MIG с присадочной проволокой может достигать 90 % [4]. Все способы аддитивной наплавки с присадочной проволокой обладают рядом общих особенностей, таких как остаточные напряжения и деформации, вызванные интенсивным нагревом; относительно низкая точность изготовления и характерная «ступенчатая» поверхность. Однако способы проволоочного аддитивного производства остаются перспективной и развивающейся областью машиностроения [5].

Первые статьи, посвященные электродуговой аддитивной наплавке, появились в 1990-е годы. На текущий момент времени публикационная активность по способам электродугового аддитивного производства невелика, вследствие чего остаются нерешенными и актуальными многие проблемы, например: повышение производительности процесса выращивания; формирование оптимальной микроструктуры металла шва, отвечающей технологическим и эксплуатационным требованиям, предъявляемым к изделию; формообразование наплавленного слоя в нестационарных условиях теплоотвода.

Результаты исследования. Проверка результатов моделирования теплового процесса, протекающего при выращивании изделий методом TIG в присадочной проволоке, подогретой электрическим током, осуществлялась с помощью модернизированного сварочного комплекса ТТ 598 и модернизированного источника питания ДС-200А.33 производства завода сварочного оборудования «Технотрон».

Заключение. Сопоставление экспериментальных данных с результатами моделирования теплового процесса, протекающего в присадочной проволоке, подогретой протекающим электрическим током при выращивании изделий методом TIG, позволило определить оптимальные параметры режима подогрева проволоки. Предложенная математическая модель позволяет осуществлять корректировку режима подогрева и мощности источника питания для разных марок и диаметров проволоки в зависимости от скорости ее подачи и вылета.

Список источников

- [1] Карслоу У., Егер Д. *Теплопроводность твердых тел*. Москва, Наука, 1964, 487 с.
- [2] Лыков А.В. *Теплопроводность твердых тел*. Москва, Наука, 1967, 600 с.
- [3] Рыкалин Н.Н. *Тепловые основы сварки*. Москва, Ленинград, Изд-во АН СССР, 1947, 272 с.
- [4] Ding D., Pan Z., Cuiuri D., Li H. Wire-feed additive manufacturing of metal components: technologies, developments and future interests. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2015, no. 81 (1–4), pp. 465–481. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7077-3>
- [5] Frazier W.E. Metal additive manufacturing: a review. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 2014, no. 23 (6), pp. 1917–1928.