

УДК 631.312.021.3

Влияние режимов наплавки на величину остаточных сварочных напряжений

Слинко Дмитрий Борисович^{1,2}maks52@inbox.ru
SPIN-код: 1453-6631Афанасьев Андрей Вадимович²afanasev0andr@gmail.com
SPIN-код: 7761-1569Чернов Владимир Викторович¹vvchernov@mail.ru
SPIN-код: 6341-3444Буренкова Диана Михайловна¹

burenkova_dianochka@mail.ru

¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия² ФНАЦ ВИМ, Москва, Россия

Аннотация. Представлены результаты компьютерного моделирования процесса наплавки на примере плужного лемеха. Показано влияние режимов наплавки и предварительного подогрева на глубину проплавления и остаточные сварочные напряжения. Сделаны выводы, что обоснованно выбранные режимы наплавки и предварительный подогрев приводит к снижению глубины проплавления и остаточных сварочных напряжений.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, упрочнение лемехов, режимы электродуговой наплавки, предварительный подогрев, остаточные сварочные напряжения

Введение. Наиболее распространенным способом восстановления и упрочнения рабочих органов сельхозмашин является электродуговая наплавка вследствие ее высокой производительности и широкой распространенности [1].

Для формирования качественного износостойкого наплавленного покрытия желательно производить наплавку с предварительным подогревом и на так называемых щадящих режимах для обеспечения минимального участия основного металла в наплавленном слое и снижения теплового воздействия на обрабатываемую деталь, в результате чего возможно предотвратить возникновение значительных остаточных сварочных напряжений и, как следствие, образования технологических трещин. Оценка степени теплового воздействия на основной металл может быть выполнена посредством детального анализа получаемых сварочных напряжений, в частности в зоне термического влияния (ЗТВ) с проведением экспериментальных исследований на основе известных методик [2]. Такие исследования требуют больших материальных и временных затрат, в то время как методы компьютерного моделирования позволяют существенно снизить объем проводимых лабораторных исследований до минимума [3].

Методы и материалы; результаты. Для проведения компьютерного моделирования была создана модель процесса наплавки в программно-вычислительном комплексе SYSWELD, реализующем расчет по методу ко-

нечных элементов [4]. Для компьютерного моделирования процесса наплавки при помощи метода конечных элементов была создана сетка конечных элементов на основе твердотельной модели лемеха ПЛН ПЛЖ 31-702 с нанесенными на него упрочняющими валиками [5].

На основе ранее проведенных работ были выбраны начальные режимы электродуговой наплавки: сила тока ($I_n = 150$ А); напряжение ($U_n = 25$ В); удельная погонная энергия ($q = 444$ Дж/мм), скорость наплавки ($V_{\text{нап}} = 25$ м/ч) по нанесению упрочняющих валиков высотой 2 мм и шириной 6 мм в среде защитных газов на образцы из стали 30ХГСА порошковой проволокой Castolin Eutectic DO*30 диаметром 1,2 мм [6].

Для оценки глубины проплавления при различных режимах наплавки был проведен многофакторный эксперимент. В качестве варьируемых факторов были выбраны погонная энергия (от 200 до 444 Дж/мм) и предварительный подогрев перед наплавкой (от 20 до 350 °С).

Для оценки остаточных сварочных напряжений были выбраны начальные данные в виде погонной энергии и температуры предварительного подогрева, полученные из проведенного многофакторного эксперимента.

В результате проведенного многофакторного эксперимента были получены поверхность отклика и графики, на ее основе (рис. 1) показывающие зависимости погонной энергии от температуры предварительного подогрева для различных глубин проплавления.

Для оценки остаточных сварочных напряжений были выбраны следующие начальные данные: погонная энергия от 214 до 274 Дж/мм и температура предварительного подогрева от 20 до 350 °С. Результаты компьютерного моделирования процесса наплавки представлены в виде графиков зависимости остаточных сварочных напряжений от предварительного подогрева (рис. 2) в отдельных точках ЗТВ, находящихся на расстоянии 1 мм от линии сплавления.

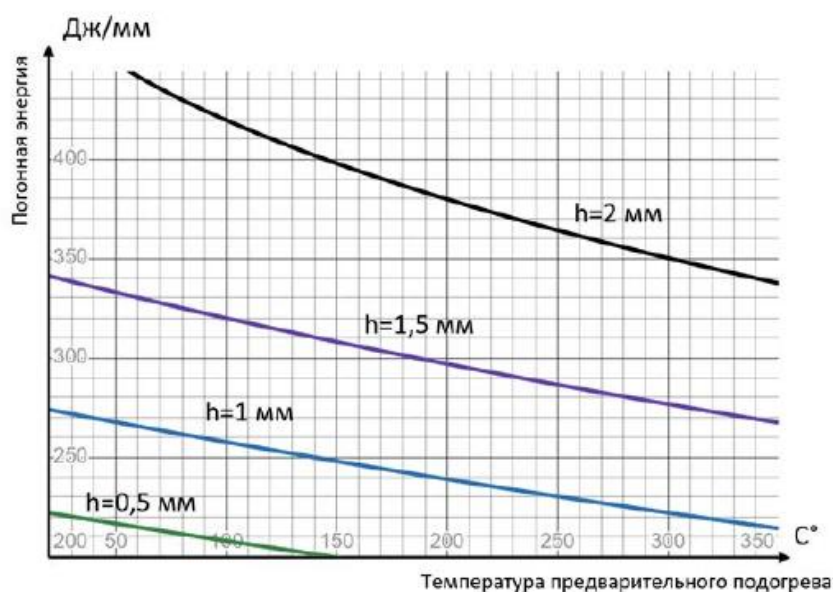


Рис. 1. Зависимость погонной энергии от температуры предварительного подогрева

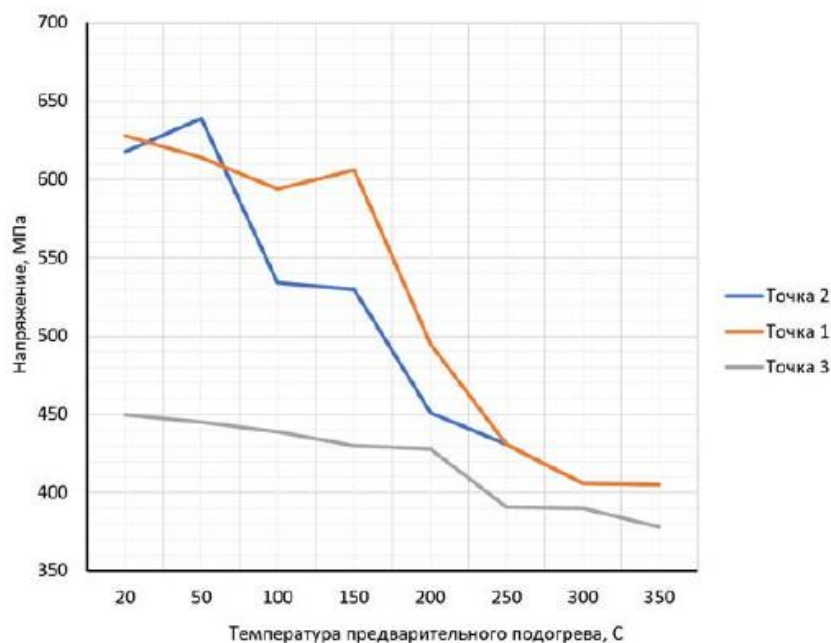


Рис. 2. Зависимость остаточных напряжений от температуры предварительного подогрева

Закключение. Для уменьшения вероятности образования технологических трещин необходимо использовать предварительный подогрев перед наплавкой, позволяющий снизить погонную энергию и уровень остаточных сварочных деформаций.

Список источников

- [1] Лялякин В.П., Слинко Д.Б. *Наплавка металлов*. Москва, Издательский центр «Академия», 2016, 192 с.
- [2] Матвеева К.Ф., Злобин А.С., Селиванова Е.Е., Попов А.Д., Таракановский К.В. Современные методы определения остаточных напряжений в шестернях. *Управление движением и навигация летательных аппаратов. XXVII Всерос. семинар: сб. тр.* Самара, Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, 2024, с. 348–355.
- [3] Афанасьев А.В. Слинко Д.Б., Денисов В.А. Компьютерное моделирование условий работы дисков борон. *Технический сервис машин*, 2024, т. 62, № 2, с. 71–76. <https://doi.org/10.22314/2618-8287-2024-62-2-71-76>
- [4] Siddiqi M.Z., Albert S., Mahadevan S., Vasudevan M., Chaudhari V., Suri V. Experimental and finite element analysis of residual stress and distortion in GTA welding of modified 9Cr-1Mo steel. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 2014, no. 28, pp. 5095–5105. <https://doi.org/10.1007/s12206-014-1132-0>
- [5] Ожегов Н.М., Ружьев В.А., Капошко Д.А. Повышение ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин на основе совершенствования наплавочных технологий. *Труды ГОСНИТИ*, 2015, т. 121, с. 273–281.
- [6] Слинко Д.Б., Денисов В.А., Добрин Д.А. Повышение эффективности технологии упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин электродуговой наплавкой износостойкими валиками. *Технический сервис машин*, 2020, № 1 (138), с. 176–185. <https://doi.org/10.22314/2618-8287-2020-58-1-176-185>