

УДК 621.791

Разработка технологии многопроходной сварки толстостенного соединения на основе многокритериальной оптимизации при помощи эволюционного алгоритма

Королев Сергей Анатольевич¹

korolevsa@bmstu.ru

Быховец Марк Витальевич²

m.biem@yandex.ru

¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

² ООО «Озон Технологии», Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрена математическая модель многопроходной сварки и возможные критерии, предъявляемые к оптимизации разрабатываемой технологии. Проведен анализ основных методов оптимизации и обоснование выбранного подхода. Показан пример применения разработанной методики оптимизации для разработки технологии сварки.

Ключевые слова: многопроходная сварка, толстостенное сварное соединение, математическое моделирование, многокритериальная оптимизация, эволюционный алгоритм

Введение. В настоящее время значительную долю среди проектируемых и изготавливаемых отечественных ответственных изделий различного назначения составляют конструкции из толстостенных элементов. Наиболее эффективный способ разработки технологий, когда ставится задача получения оптимального решения, заключается в использовании компьютерных технологий. Это позволяет значительно снизить время и стоимость технологической подготовки производства за счет сокращения дорогостоящих экспериментальных исследований. К сожалению, существующие в настоящее время методики, математические модели и программное обеспечение не позволяют в полной мере решать оптимизационные задачи применительно к многопроходной сварке в общем виде. В связи с этим, работа, направленная на решение указанных задач, является актуальной.

Методы и материалы; результаты. Решение данной задачи возможно на основе использования современной теории свариваемости [1, 2], математического аппарата [3] и существующего уровня производительности компьютерной техники.

В настоящей работе критериями оптимальности технологии сварки были выбраны:

- полное заполнение разделки кромок;
- минимальная вероятность образования холодных трещин при наиболее неблагоприятных условиях окружающей среды (влажности воздуха).

Указанная оптимизационная задача была сформулирована следующим образом:

$$\min f(g) = \min [f_1(g), f_2(g), f_3(g)], \quad (1)$$

где $f_1(g)$, $f_2(g)$, $f_3(g)$ — функции в зависимости от характеристик вектора многомерного пространства технологических решений.

$$f_1(g) = \delta - \sum h_i, \quad (2)$$

где δ — толщина свариваемых элементов; h_i — высота i -го слоя сварного шва;

$$f_2(g) = \max (P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_N), \quad (3)$$

где $P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_N$ — вероятность образования ХТ в ОШЗ напротив соответствующего слоя сварного шва, полученная при помощи $FUN(X)$.

$$f_3(g) = -(H_{д0}), \quad (4)$$

где $H_{д0}$ — исходная концентрация диффузионного водорода.

На основе анализа существующих подходов была выбрана многокритериальная оптимизация (процесс одновременной оптимизации двух или более конфликтующих целевых функций). В качестве метода оптимизации выбран генетический алгоритм (NSGA2).

Для получения технологически удобных к реализации решений были введены дополнительные ограничения на количество применяемых режимов сварки. Принято, что сварка многослойного шва выполняется при помощи трех режимов: для корневого слоя, для слоев-валиков (состоящие из одного валика) и остальных валиков. Также принято, что основные параметры режима должны изменяться дискретно: ток сварки с шагом 5 А, скорость сварки с шагом 1 м/ч. Данные ограничения значительно упрощают настройки сварочного оборудования и дальнейшее описание технологического процесса.

Заключение. Разработанная методика, выбранные целевые функции и созданное программное обеспечение позволяют определять параметры оптимальной технологии многопроходной сварки толстостенного сварного соединения.

Список источников

- [1] Макаров Э.Л., Якушин Б.Ф. *Теория свариваемости сталей и сплавов*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018, 549 с.
- [2] Неровный В.М., Коновалов А.В., Якушин Б.Ф. *Теория сварочных процессов*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016, 702 с.
- [3] Саймон Д. *Алгоритмы эволюционной оптимизации*. Москва, ДМК Пресс, 2020, 940 с.