

УДК 621.791.763.2

ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СПОСОБА И УПРАВЛЯЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ КОНТАКТНОЙ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ

*ЮМАНОВ Дмитрий Николаевич¹, ассистент
ФУРМАНОВ Сергей Михайлович¹, канд. техн. наук, доцент
(¹Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет», г. Могилев, Республика Беларусь)*

Юманов Д.Н., Фурманов С.М.

212000, г. Могилев, пр-т. Мира, 43,
Белорусско-Российский университет,
е – mail: oitsp.dmitriy.y@gmail.com
е – mail: pochta_furm@mail.ru

Аннотация

В работе приведены результаты исследований перспективных направлений совершенствования способа контактной рельефной сварки, на основе применения разработанного оборудования для управления циклом сварки. Авторами раскрыта проблематика образования сварного соединения при рельефной сварке с применением серийного оборудования для регулирования цикла сварки. В статье рассматриваются предложенные способы контактной рельефной сварки, применение которых значительно повышает качество получаемых сварных соединений, что подтверждается проведенными экспериментальными исследованиями и испытаниями соединений.

Ключевые слова: контактная рельефная сварка, способы контактной рельефной сварки, оборудование для управления процессом контактной сварки, Т-образные соединения, система программного и адаптивного управления процессом контактной сварки.

Введение

Способ контактной рельефной сварки в настоящее время широко применяется на производстве при получении сварных конструкций и узлов из различных конструкционных материалов, и сплавов в области машиностроения, техники сельскохозяйственного машиностроения, авиационной промышленности и разнообразных рельефных соединений для техники бытового назначения. Контактная рельефная сварка является вторым по распространенности способом контактной сварки, уступая по объему производства конструкций способу контактной точечной сварки. В связи с кратковременностью протекания процесса сварки при способах точечной и рельефной сварки, существует необходимость в применении более точного и быстродействующего оборудования для управления циклом сварки на разных временных промежутках. Согласно этому исследования, посвященные совершенствованию оборудования для управления процессом сварки, являются актуальными. Целями и задачами, решаемых в данной работе, являлись разработка новых способов контактной рельефной сварки и разработка оборудования для управления циклом сварки.

Результаты и обсуждение

Серийное оборудование для управления процессом контактной сварки предназначено для задания параметров режима сварки по определенному жесткому закону, что зачастую приводит несоблюдению необходимых параметров сварки и снижению качества сварных соединений. Согласно проведенным экспериментальным исследованиям процесса контактной рельефной сварки Т-образных соединений с применением серийного оборудования для

управления процессом, такого как регулятор сварочных процессов РКС-801, установлено, что приложении импульсов токов подогрева и сварочного, наблюдается резкий скачок, который появляется от намагничивания трансформатора (**Рисунок 1**).

Резкое повышение тока вначале импульса приводит к резкому возрастанию температуры, как следствие при сварке Т-образных соединений с типом рельефа «острой гранью» происходит выплеск расплавленного металла и механические свойства соединения снижаются. Избежать жёсткого задания параметров режима сварки, а также скачков мощности на серийном оборудовании процесса сварки является невозможным по причине специфики работы регуляторов и ограниченности их управляющих узлов.

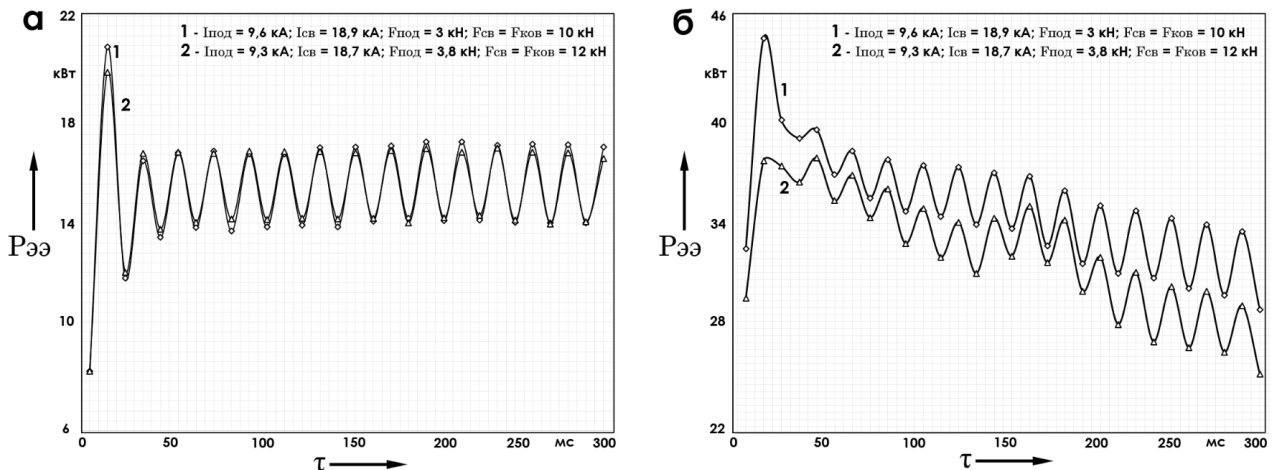


Рисунок 1 – Скачок мощности при приложении импульса тока подогрева (а) и импульса сварочного тока (б), при контактной рельефной сварке Т-образных соединений с серийным регулятором сварочных процессов РКС-801

Как показано на рисунке 1, скачок мощности происходит за короткий промежуток времени от 0 до 50 мс, такой временной диапазон для серийного оборудования управления процессом сварки является труднорегулируемым. Для исключения скачка мощности и стабилизации процесса рельефной сварки необходимо использовать управляющую аппаратуру, которая позволяет задавать параметры режима сварки с достаточной точностью и быстродействием 5...10 мс. При этом импульсы тока подогрева $I_{под}$ и сварочного тока $I_{св}$

необходимо задавать плавно, с исключением паузы между ними (Рисунок 2).

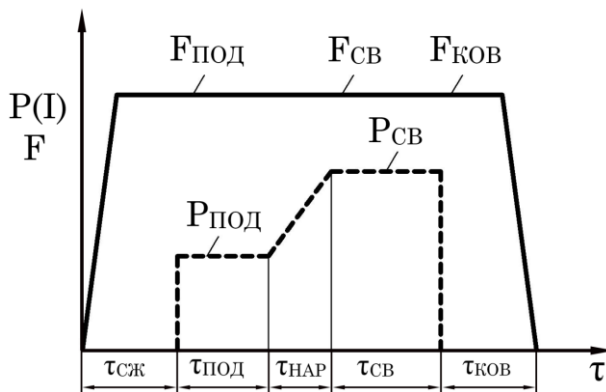


Рисунок 2 – Циклограмма процесса контактной рельефной сварки с плавным нарастанием мощности от подогрева к сварке

Была разработана система программного управления мощностью тепловложения при контактной рельефной сварке. Программный код и структура узлов системы позволяет в процессе сварки формировать циклограмму процесса, путем задания управляющего воздействия на сварочный трансформатор [1]. Система программного управления интегрировалась в узлы контактной сварочной машины вместо серийного регулятора сварочных процессов РКС-801. В связи с тем, что возможности системы программного управления позволяют задавать циклограмму процесса сварки с достаточным быстродействием и

точностью, мощность тепловложения в зону сварки задавалась не отдельными импульсами тока, а с плавным нарастанием, как показано на рисунке 2.

На основе проведенных экспериментальных исследований определено, что применение циклограммы с плавным нарастанием мощности от подогрева к сварке, задаваемой при помощи системы программного управления, позволяет исключить скачок мощности при приложении импульсов тока. Кроме того, применение системы программного управления стабилизирует процесс сварки, о чем свидетельствует отсутствие выплесков расплавленного металла. Проведённые механические испытания и металлографические исследования показали значительное повышение качества Т-образных сварных соединений, по сравнению с соединениями, полученными с серийным оборудованием управления процессом сварки [2].

Одним из способов совершенствования технологии контактной рельефной сварки является ступенчатое задание тока при сварке. На основе проведенных исследований был разработан способ контактной рельефной сварки с двухступенчатым заданием сварочного тока. Система управления процессом позволяет за достаточно короткий промежуток времени при образовании сварного соединения определить путем расчетов значение импульсов сварочного тока I_1 , I_2 и задать их на соответствующем этапе, как показано на рисунке 2. При приложении подогревочного импульса тока I_1 вводится минимальная часть расчетной электрической энергии, с целью избежания появления выплеска расплавленного металла. Вторая ступень электрического тока I_2 позволяет вводить значение энергии, которое необходимо для образования качественного соединения [3].

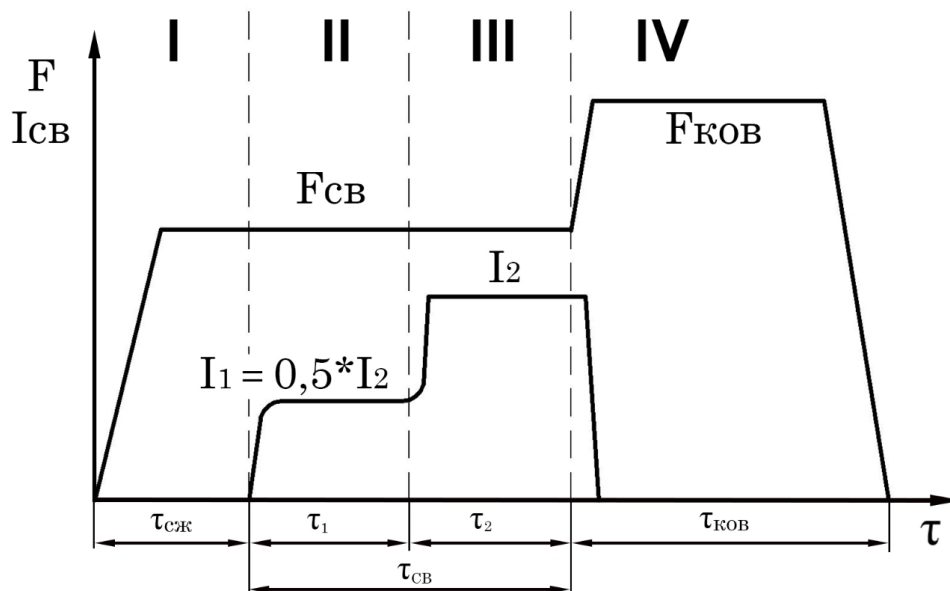


Рисунок 3 – Циклограмма способа контактной рельефной сварки с двухступенчатым заданием сварочного тока I_1 , I_2 и приложением ковочного усилия $F_{ков}$

Предложенный новый способ контактной рельефной сварки с двухступенчатым заданием импульсом сварочного тока позволяет существенно снизить потребление электроэнергии сварочным оборудованием, а также обеспечить механические свойства сварных соединений на необходимом уровне. Процесс сварки в этом случае протекает стабильно, количество дефектов сварных соединений снижается.

Перспективным и эффективным в плане повышения качества сварных соединений является способ контактной рельефной сварки с адаптивным управлением мощностью тепловложения [4]. Иллюстрация циклограммы процесса контактной рельефной сварки с адаптивным управлением представлена на рисунке 4. Спецификой разработанного способа сварки с адаптивным управлением является применение характеристик перемещения верхнего электрода $h_{эл}$ контактной сварочной машины в качестве обратной связи на различных этапах протекания процесса. Измеренное значение перемещения $h_{эл}$ корректирует в процессе сварки мощность тепловложения P в межэлектродную зону в каждом полупериоде сетевого

напряжения на основании заданных и измеренных значений мощности в предыдущем полупериоде сетевого напряжения.

Для реализации циклограммы способа контактной рельефной сварки с адаптивным управлением был разработан программный код, который учитывает особенности характеристик перемещения $h_{эл}$ и позволяет создавать с достаточным быстродействием управляющее воздействие на корректировку мощности тепловложения в процессе сварки.

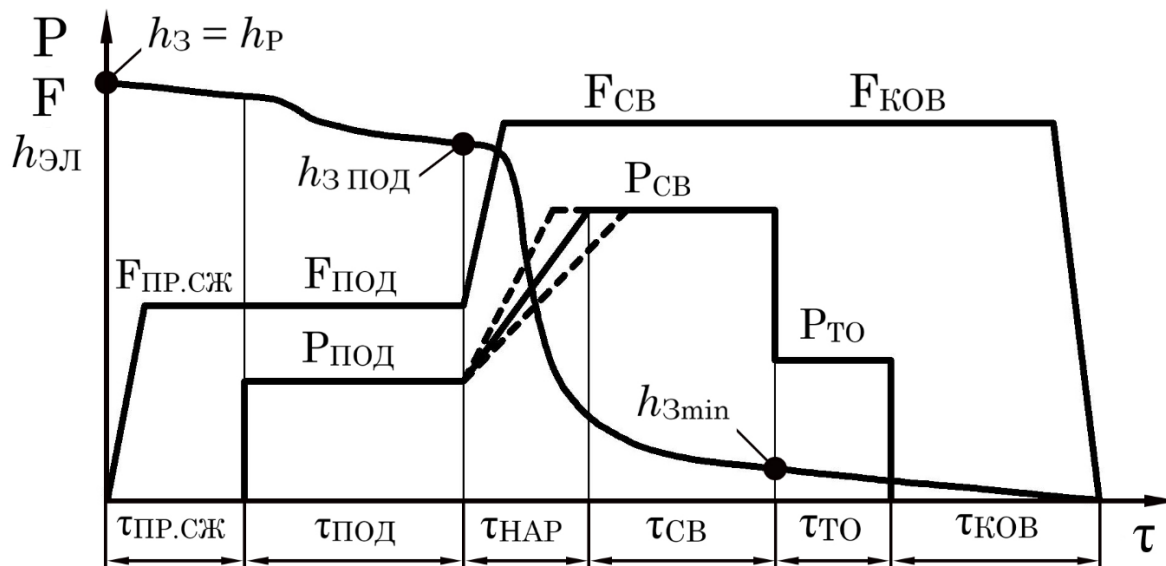


Рисунок 4 – Циклограмма способа контактной рельефной сварки с адаптивным управлением мощностью тепловложения в межэлектродную зону

Характеристики перемещения достаточно точно описывают термомодеформационный цикл контактной рельефной сварки, поэтому их использование в качестве обратной связи позволяет предупреждать различные дефекты сварных соединений. Корректировка мощности тепловложения происходит в каждом полупериоде сетевого напряжения, что позволяет существенно стабилизировать процесс сварки. Появление выплесков при сварке и резкое повышение мощности вначале приложения сварочного тока предупреждается отслеживанием перемещения электрода и соответственно созданием управляющего воздействия к снижению мощности в зону сварки. Применение способа с адаптивным управлением мощностью тепловложения позволяет получать сварные соединения при рельефной сварке с необходимыми механическими свойствами.

Выводы

В ходе проведенных исследований проанализированы, рассмотрены и разработаны способы совершенствования технологии контактной рельефной сварки. Предложен и экспериментально апробирован способ контактной рельефной сварки Т-образных соединений с применением системы программного управления мощностью тепловложения. Применение системы программного управления значительно повысило качество Т-образных сварных соединений и стабилизировало процесс сварки. Разработанный способ контактной рельефной сварки с двухступенчатым заданием сварочного тока позволяет обеспечить требуемое качество сварных соединений, а также экономию электрической энергии. По результатам исследований предложен способ контактной рельефной сварки с адаптивным управлением мощностью тепловложения, который позволяет задавать циклограмму процесса с высокой степенью точности по обратным связям и характеристикам перемещения верхнего электрода, что позволяет повысить качество сварных соединений.

Список литературы

1. Фурманов, С. М. Аппаратная реализация корректирующей системы регулирования мощности тепловложения при контактной рельефной сварке / С. М. Фурманов, Б. В. Федотов, Д. Н. Юманов, И. Н. Смоляр // Сварка и диагностика. –2018. – №5. – С. 35–40.
2. Юманов, Д. Н. О влиянии параметров режима контактной рельефной сварки с программным управлением мощностью тепловложения на стабильность прочностных показателей соединений / Д. Н. Юманов, С. М. Фурманов, И. Н. Смоляр, И. Д. Камчицкая, А. О. Коротеев // Вестник Белорус.-Рос. ун-та. – 2020. – №3. – С. 118–128.
3. Способ контактной рельефной сварки : изобр. ВУ 22304 / А. Ю. Поляков, С. М. Фурманов, Д. Н. Юманов, Т. И. Бендик, А. А. Степанов, М. С. Колобова. – Оpubл. 30.12.2018 г.
4. Способ контактной рельефной сварки с адаптивным управлением : изобр. ВУ 23428 / С. М. Фурманов, Д. Н. Юманов, И. Н. Смоляр, И. А. Наумовец, Г. А. Ларионов. – Оpubл. 30.08.2021 г.

PERSPECTIVES OF IMPROVING THE METHOD AND CONTROLLING EQUIPMENT OF RESISTANCE PROJECTION WELDING

Yumanov D. N., Furmanov S. M.

Inter-State Educational Institution of Higher Education «Belarusian-Russian University»
212000, Mira Ave, 43, Mogilev, Republic of Belarus

Abstract

The paper presents the results of studies of promising directions for improving the method of resistance projection welding, based on the use of the developed equipment for controlling the welding cycle. The authors have revealed the problems of the formation of a welded joint during resistance projection welding with the use of serial equipment for controlling the welding cycle. The paper discusses the proposed methods of resistance projection welding, the use of which significantly improves the quality of the resulting welded joints, which is confirmed by experimental studies and tests of the welded joints. Methods of resistance projection welding with programmed control computer system and adaptive control system, two-stage welding current setting is proposed by authors of this paper.

Key words: resistance projection welding, methods of resistance projection welding, equipment for controlling the resistance projection welding cycle, T-joints, programmed control computer system and adaptive control system of welding cycle.