

УДК 621.791.763.2

ОСОБЕННОСТИ КОНТАКТНОЙ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ Т-ОБРАЗНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМЫ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ МОЩНОСТЬЮ ТЕПЛОВЛОЖЕНИЯ

Д. Н. ЮМАНОВ, С. М. ФУРМАНОВ, С. Ф. МЕЛЬНИКОВ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

UDC 621.791.763.2

FEATURES OF RESISTANCE PROJECTION WELDING OF T-SHAPED JOINTS WITH THE APPLYING OF HEAT INPUT PROGRAMMED CONTROL SYSTEM

D. N. YUMANOV, S. M. FURMANOV, S. F. MELNIKOV

Аннотация. В статье приведены результаты исследования процесса контактной рельефной сварки Т-образных соединений с применением системы программного управления мощностью тепловложения. Обеспечение стабильного качества Т-образных соединений при контактной рельефной сварке является актуальной задачей в связи с трудностями, возникающими в производственном секторе, связанными с определением и корректировкой параметров режима сварки. В работе приводится анализ причин возникновения дефектов при контактной рельефной сварке Т-образных соединений. Авторами работы предлагаются пути совершенствования технологии контактной рельефной сварки Т-образных соединений на основе проведенных экспериментальных исследований и разработанной системы управления процессом сварки.

Ключевые слова: контактная рельефная сварка, способы сварки давлением, Т-образные соединения, оборудование для управления процессом рельефной сварки, качество соединений при контактной сварке.

Abstract. The paper presents the results of a study of the process of resistance relief projection welding of T-shaped joints using a heat input program control system. Ensuring the stable quality of T-shaped joints in resistance projection welding is an urgent task, due to the difficulties that arise in the manufacturing sector, which are associated with the determination and adjustment of welding mode parameters. The paper provides an analysis of the causes of defects in the resistance projection welding of T-shaped joints. The authors of the work propose ways to improve the technology of resistance projection welding of T-shaped joints, based on the experimental studies and the developed welding process control system.

Keywords: resistance projection welding, pressure welding methods, T-joints, control equipment for resistance projection welding process, quality of joints of projection welding.

На предприятиях машиностроительного комплекса контактная рельефная сварка находит широкое применение при производстве узлов из различных конструкционных материалов в области автомобилестроения, авиастроения, техники для сельскохозяйственных нужд. В настоящее время известно большое количество разнообразных геометрических форм рельефных изделий, получаемых контактной рельефной сваркой Т-образных соединений. Однако

разработка технологических процессов контактной рельефной сварки Т-образных соединений нередко вызывает ряд трудностей, связанных с тем, что в нормативно-технической документации отсутствуют конкретные рекомендации к выбору параметров режима с учетом геометрических особенностей соединения. Требования качества Т-образных сварных соединений неизбежно приводят к необходимости поиска новых методов совершенствования технологии сварки с целью обеспечения необходимого уровня.

Перспективными направлениями повышения качества Т-образных соединений на сегодняшний день являются: использование методов математического моделирования процесса сварки; разработка более совершенного оборудования для управления процессом сварки; разработка программного обеспечения, которое позволяет с достаточной точностью и быстродействием обеспечить корректировку параметров режима сварки на разных этапах без прерывания процесса.

Специфика образования Т-образного соединения с типом рельефа «острой гранью» обладает отличительной особенностью, которая включает в себя несколько этапов (рис. 1).

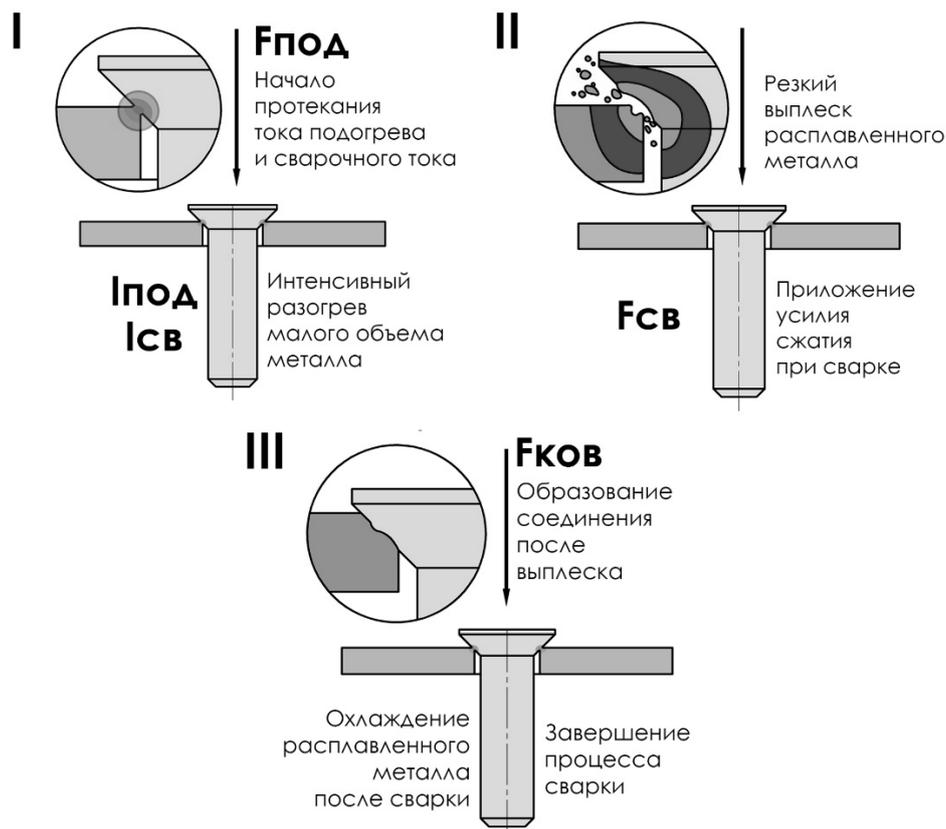


Рис. 1. Специфика образования Т-образного соединения при контактной рельефной сварке на разных этапах процесса

На начальном этапе образования сварного соединения I при приложении тока подогрева $I_{\text{под}}$ и усилия сжатия электродов $F_{\text{под}}$ происходит интенсивный разогрев металла, при котором плотность тока достигает значения $j = 550 \text{ А/мм}^2$

(см. рис. 1, I). На этапе II при приложении сварочного усилия $F_{СВ}$ происходит осадка расплавленного металла, что приводит к появлению в нем внутреннего давления и резкому выплеску металла из зоны сварного соединения (см. рис. 1, II). Выплеск металла происходит еще и потому, что геометрические особенности Т-образного соединения обладают открытыми участками. На завершающем этапе III происходит охлаждение расплавленного металла под действием ковочного усилия $F_{КОВ}$ (см. рис. 1, III). Наличие выплеска при сварке приводит к значительному увеличению площади контакта свариваемых деталей и снижению плотности тока, что существенно снижает механические свойства сварных соединений.

Экспериментальные исследования процесса контактной рельефной сварки Т-образных соединений показали, что при применении серийного оборудования для управления контактной машиной на начальных этапах образования сварного соединения (I, II) присутствует динамический бросок мощности, который сопровождается резким повышением сварочного тока и, соответственно, температуры, что, в свою очередь, приводит к выплеску. Необходимые механические свойства соединений при этом достигаются в 40 %...60 % соединений.

Появление динамического броска мощности при сварке предлагается устранять путем применения циклограммы процесса контактной рельефной сварки с плавным нарастанием мощности от подогрева к сварке (рис. 2).

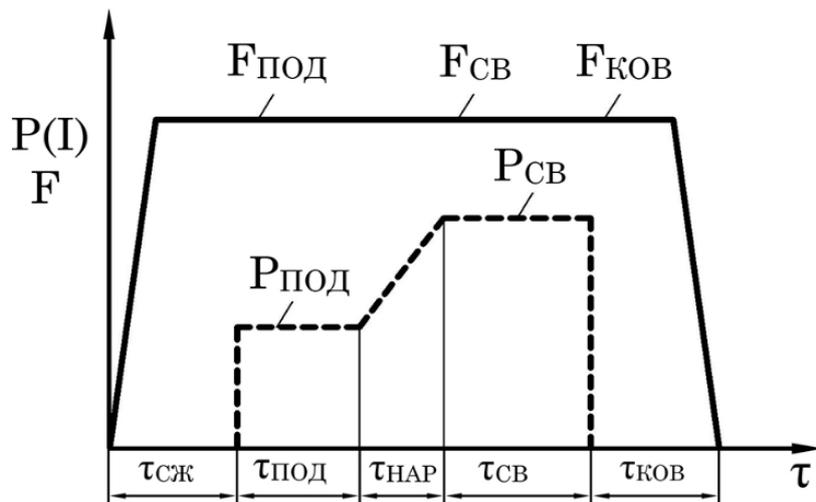


Рис. 2. Циклограмма процесса контактной рельефной сварки с плавным нарастанием мощности

Плавное нарастание мощности между импульсами действия тока задать при помощи серийной аппаратуры для управления процессом сварки не представляется возможным, поэтому были проведены исследования с помощью разработанной системы программного управления процессом контактной рельефной сварки.

Система программного управления представляет собой объединенные блоки и электрические компоненты, которые интегрированы в узлы контактной

сварочной машины (рис. 3). Через персональный компьютер вводятся необходимые параметры режима контактной рельефной сварки в преобразователь напряжений NI-USB 6251, который, в свою очередь, является связующим звеном между системой управления и контактной сварочной машиной. В программном продукте LabVIEW реализовано программное обеспечение для работы системы управления, где представлена возможность задания табличного значения мощности, а также необходимой циклограммы процесса контактной рельефной сварки [1].

Через блок управления тиристорами подаются сигналы управления контактной сварочной машиной. К контактной машине подключены датчики перемещения, тока и напряжения, сигналы которых поступают на преобразователь напряжений и выступают в качестве обратной связи.

Система программного управления процессом контактной сварки путем анализа характеристик перемещения верхнего подвижного электрода сварочной машины и табличного задания мощности тепловложения позволяет реализовать циклограмму сварки с плавным нарастанием тока от импульса подогрева к сварке.

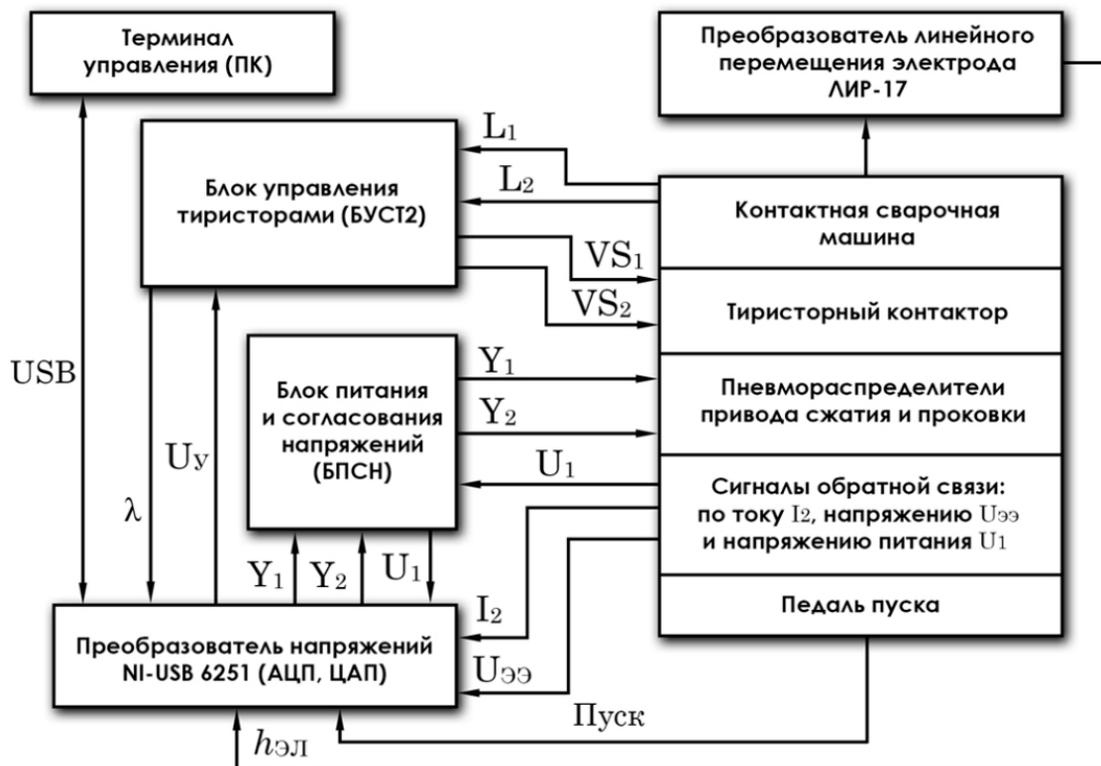


Рис. 3. Структурная схема системы программного управления

В результате экспериментальных исследований с применением системы программного управления установлено, что при использовании циклограммы процесса сварки с плавным нарастанием динамический бросок мощности не наблюдается и процесс происходит более стабильно. Интенсивность выплесков расплавленного металла значительно снизилась, а при сварке образцов на оптимальных параметрах режима выплески полностью отсутствуют.

Образцы Т-образных сварных соединений, полученных при помощи системы программного управления процессом контактной рельефной сварки, испытывались разрушающими методами контроля.

По результатам проведенных механических испытаний сварных соединений, полученных с системой программного управления, удалось стабилизировать прочностные характеристики. Определено, что количество сварных соединений, обеспечивающих требуемую минимальную разрушающую нагрузку, достигает 97 %...100 % (рис. 4).

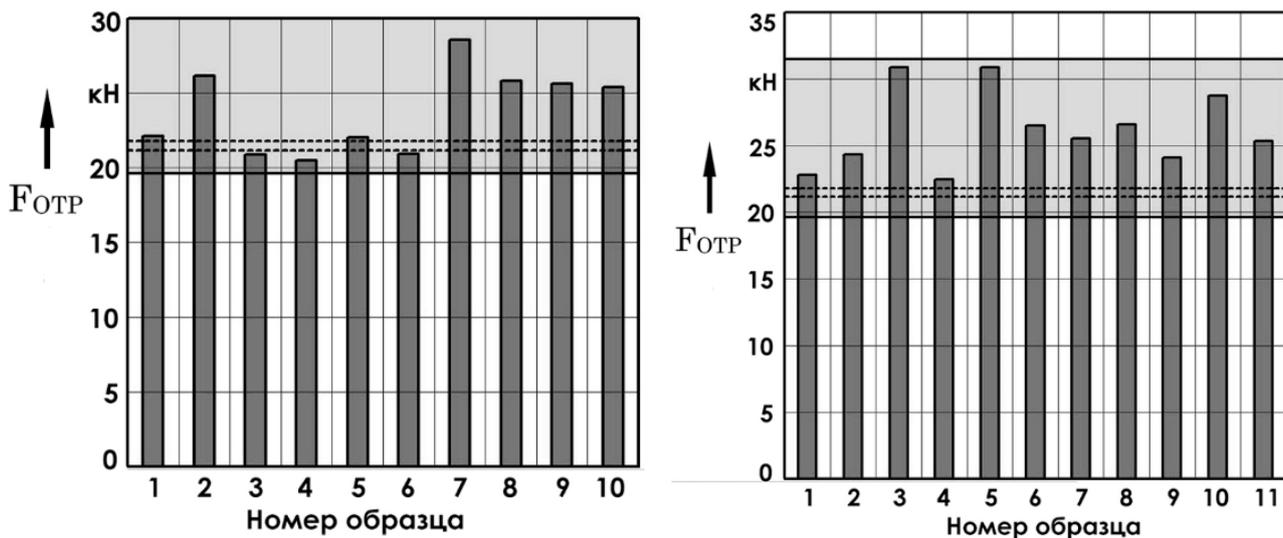


Рис. 4. Результаты механических испытаний Т-образных сварных соединений с применением системы программного управления

При этом диапазон значений усилия на отрыв составляет 20...31 кН, что значительно превосходит диапазон усилий при испытании сварных соединений с применением серийного оборудования управления контактной сварочной машиной.

С целью определения дефектности Т-образных сварных соединений были проведены металлографические исследования. Применение системы программного управления и циклограммы процесса с плавным нарастанием тока благоприятно сказалось на структуре сварных соединений, т. к. при сварке не наблюдаются выплески. По сечению сварного соединения наблюдается равномерная ферритоперлитная структура. Изучение макроструктуры образцов сварных соединений показало отсутствие дефектов (рис. 5).

При изучении микроструктуры образцов Т-образных сварных соединений при сварке на серийном оборудовании управления процессом определено, что в сварном соединении не наблюдается общей литой зоны. Это связано с тем, что основной объем расплавленного металла удаляется вместе с выплеском (см. рис. 5). На образцах сварных соединений, полученных с использованием системы программного управления, наблюдается литая структура в виде образовавшихся зерен металла свариваемых деталей (см. рис. 5) [2].

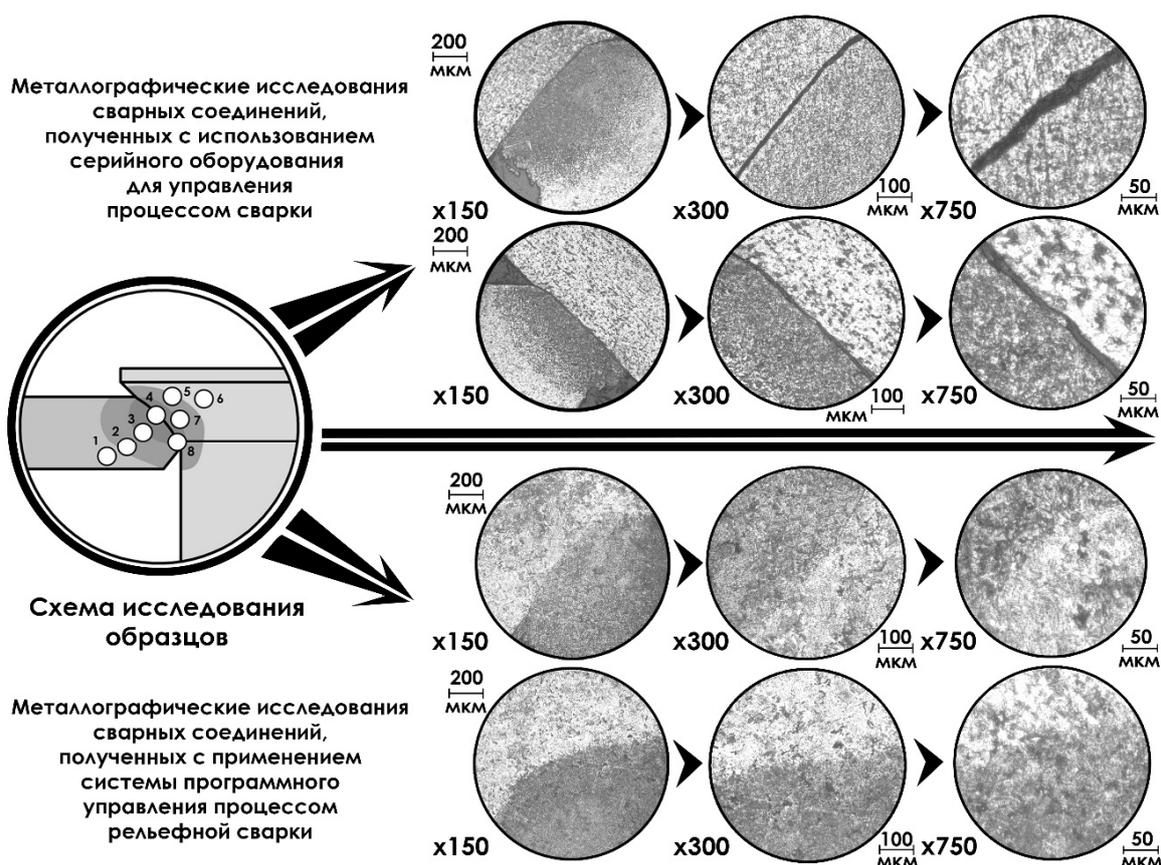


Рис. 5. Сравнительные результаты металлографических исследований Т-образных соединений, полученных контактной рельефной сваркой

Таким образом, по результатам проведенных исследований технологии контактной рельефной сварки Т-образных соединений с программным управлением мощностью тепловложения определены пути обеспечения качества сварных соединений. На основании проведенных экспериментальных исследований и разработанной системы программного управления предложен способ обеспечения стабильности механических свойств Т-образных сварных соединений, получаемых контактной рельефной сваркой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Компьютерное управление процессом контактной рельефной сварки с помощью среды графического программирования LabVIEW / С. М. Фурманов [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2019. – № 2. – С. 54–62.

2. О влиянии энергии тепловложения на ширину линии сплавления Т-образных соединений при рельефной сварке с программным управлением / С. М. Фурманов [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2021. – № 4. – С. 88–95.

E-mail: oitsp.dmitriy.y@gmail.com; pochta_furm@mail.ru.