

ПОВЫШЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ПРИВАРКИ ПРОВОЛОКИ

Латыпов Р.А.¹, Булычев В.В.², Коротков В.В.²

¹ ФГБОУ ВПО «Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)», г. Москва, Россия (125993, г. Москва, ул. Тверская, д. 11), e-mail: latipov46@mail.ru;

² ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (Калужский филиал)», г. Калуга, Россия (248000, г. Калуга, ул. Баженова, д. 2), e-mail: k2kf@yandex.ru

Проведен анализ причин неравномерной прочности соединения приваренного и основного металлов при восстановлении деталей методом электроконтактной приварки (ЭКП) проволоки. Рассмотрены два направления повышения стабильности процесса ЭКП и предложены технологические мероприятия по их реализации. Отмечается, что разработанные мероприятия могут: во-первых, осуществляться одновременно, расширяя технологические возможности процесса ЭКП по управлению качеством формируемого металлопокрытия; во-вторых, применяться не только при ЭКП проволоки близкой по тепло- и электрофизическим свойствам к металлу детали, но и в случае их значительного различия. Разработанные технологические мероприятия использованы при восстановлении широкой номенклатуры деталей. Их применение позволило предотвратить отслоение приваренного металла в процессе последующих упрочняющих операций, повысить качество восстановленных деталей.

Ключевые слова: электроконтактная приварка, стабильность процесса, прочность соединения, предварительный подогрев проволоки, скольжение проволоки.

INCREASE OF STABILITY OF PROCESS OF ELECTROCONTACT WELDING OF THE WIRE

Latypov R.A.¹, Boulichev V.V.², Korotkov V.V.²

¹ VPO "Moscow State Engineering University (MAMI)", Moscow, Russia (125993, Moscow, street Tverskaya, 11), e-mail: latipov46@mail.ru;

² VPO " Bauman Moscow State Technical University (Kaluga Branch) ", Kaluga, Russia (248000, Kaluga, st. Bazhenov, 2), e-mail: k2kf@yandex.ru

We have done the analysis of the reasons of uneven durability of compound of the welded and main metals in the course of restoration of details by a method of electrocontact welding (EW) of a wire. We consider two directions of increasing the stability of the EW process and proposed technological measures for their implementation. It is noted that the developed actions can: firstly carried out simultaneously, expanding technological capabilities of process of EW on quality management of a formed metal coating; secondly, applied not only at EW of the wire close to the heat - and the electrophysical properties to the metal of detail, but also in case of a significant difference. The developed technological measures are used in the restoration of a wide nomenclature of details. Their application allowed to prevent peeling of the welded metal during subsequent hardening operations, to improve quality of recovered details.

Keywords: electrocontact welding, process stability, bond strength, preheating the wire, slide wire.

Введение

Процесс электроконтактной приварки (ЭКП) проволоки является одним из перспективных способов восстановления и упрочнения деталей машин различного назначения: путевых машин и подвижного состава, автотракторной техники и сельскохозяйственных машин, деталей энергетического и технологического оборудования. Высокая прочность соединения приваренного и основного металлов может быть достигнута без расплавления соединяемых металлов, что выгодно отличает процесс ЭКП от технологий дуговой наплавки.

Постановка задачи исследования

Одним из основных показателей качества восстановленной или упрочненной ЭКП поверхности является прочность соединения приваренного и основного металлов. Результаты экспериментальных исследований [5–7] указывают на сильное влияние на прочность соединения таких параметров, как сила и продолжительность импульса тока приварки, состояние поверхностей роликового электрода и детали, частота вращения детали, шаг приварки и т.д. Случайные возможные колебания значений этих параметров в процессе ЭКП приводят к неравномерной прочности соединения металлопокрытия с поверхностью детали. Металлографические исследования зоны соединения показывают участки без образования соединения приваренного и основного металлов, поверхности которых оказываются разделенными окисными пленками (рис. 1).



Рис. 1. Структура зоны соединения с участками раздела соединяемых металлов (проволока Св-08, деталь сталь 45) (x 140)

В условиях ремонтного производства обеспечение высокой и стабильной прочности соединения приваренного и основного металлов часто достигается за счет повышения мощности и продолжительности импульсов тока приварки. Следствием этого являются ухудшение других показателей качества восстановленных деталей: снижение усталостной прочности, возникновение очагов плавления с дефектами сплошности в виде пор и трещин, повышение разброса поверхностной твердости и т.д. В связи с этим разработка технологических мероприятий, повышающих стабильность образования соединения при ЭКП без повышения температур в зоне приварки, представляется актуальной задачей.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что нестабильность в процесс ЭКП проволоки связана с износом рабочей поверхности роликового электрода. Из-за циклического выделения в зоне приварки тепловой энергии и значительной осадки привариваемой проволоки происходит формирование «чешуйчатого» профиля рабочей поверхности электрода, увеличивается его волнистость и шероховатость. Такой профиль

рабочей поверхности роликового электрода приводит при его перекачивании по поверхности детали к случайным и мало контролируемым колебаниям электрического сопротивления в контакте между электродом и привариваемой проволокой и, как следствие, колебаниям силы тока и мощности тепловыделения. Колебания силы тока, при формировании смежных площадок приваренного металла, могут достигать 20...30 %. Такие колебания мощности теплового источника приводят к возникновению локальных зон с пониженной прочностью соединения приваренного и основного металлов.

Способы повышения стабильности процесса ЭКП проволоки и методы их реализации

В связи с изложенным были рассмотрены два направления повышения стабильности процесса ЭКП:

- за счет стабилизации контактных электросопротивлений между электродом, проволокой и поверхностью детали и снижения их пиковых значений в начальные моменты пропускания импульсов тока приварки;
- за счет снижения роли тепловой энергии в обеспечении физического контакта между привариваемым и основным металлами и образовании между ними сварного соединения.

Стабилизацию контактных сопротивлений осуществляли посредством подогрева привариваемой проволоки в паузах между импульсами тока приварки. В этом случае роликовый электрод между импульсами тока приварки накатывается на нагретый металл привариваемой проволоки, частично деформируя его, и обеспечивает плотный физический контакт между проволокой и электродом, несмотря на волнистость и шероховатость его рабочей поверхности. Нагрев привариваемой проволоки может быть достигнут ее включением в сварочную цепь установки ЭКП (патент РФ № 2122928) или нагревом, проходящим током от отдельного источника питания (рис. 2).

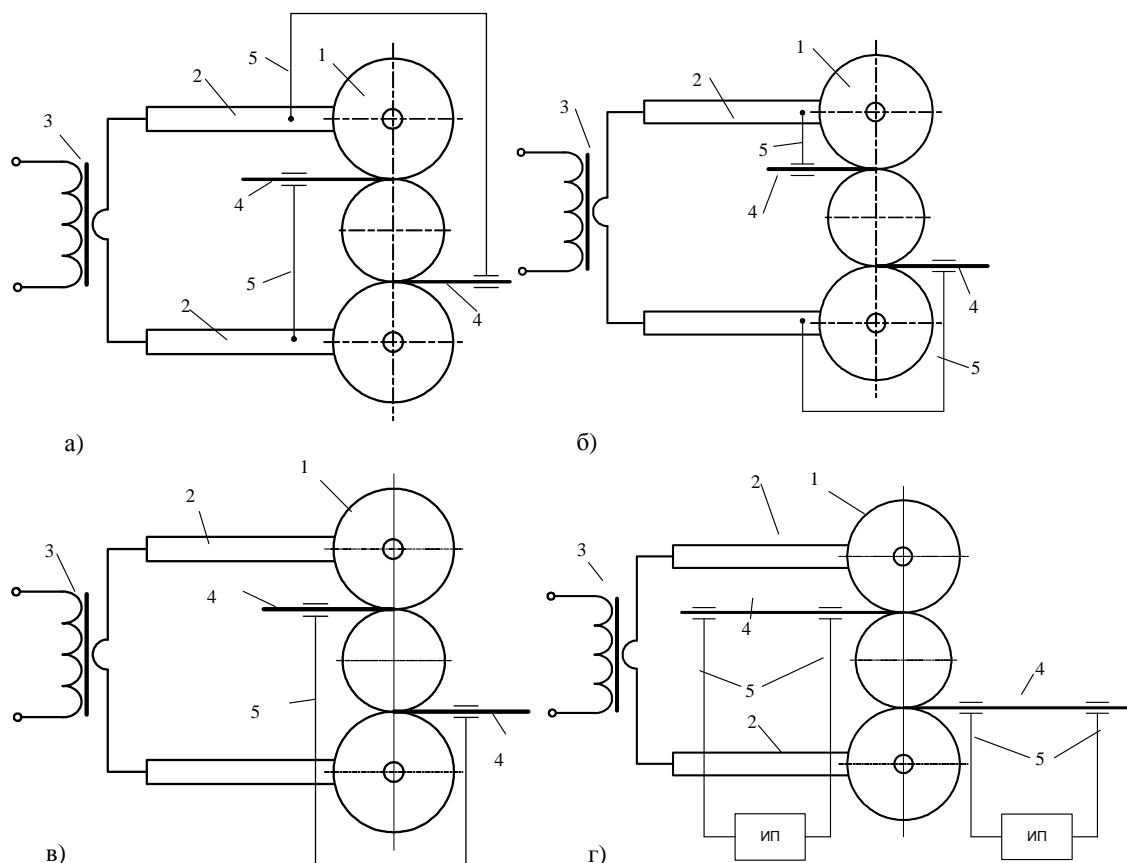


Рис. 2. Технологические схемы предварительного нагрева привариваемой проволоки: а-в) с включением в сварочную цепь установки для наварки; г) от отдельных источников питания ИП. (1 – роликовый электрод; 2 – клещевина; 3 – сварочный трансформатор, 4 – привариваемая проволока; 5 – токоподводы к проволоке)

Температуру подогрева проволоки можно оценить по зависимости [4]:

$$\Delta T_{np} = \frac{I_{np} \rho_{np} l_{np}}{S^2 v_{np} \gamma_{np} c_{np}}$$

где I_{np} – сила тока приварки; ρ_{np} – удельное электросопротивление материала проволоки; l_{np} – расстояние между токоподводом к проволоке и зоной приварки; S – площадь поперечного сечения проволоки; v_{np} – средняя скорость подачи присадочной проволоки; γ_{np} – плотность металла проволоки; c_{np} – удельная теплоемкость металла проволоки.

Стабильный процесс ЭКП без обрыва проволоки был достигнут при температуре нагрева проволоки примерно 700...800 °С, что оценивали по цвету каления.

Снижение влияния тепловой энергии на прочность получаемого соединения достигали за счет интенсификации скольжения проволоки по поверхности детали в процессе термомеханического цикла ее приварки. Как показано в работах [1–3, 8], скольжение проволоки по поверхности детали не только облегчает формирование физического контакта между соединяемыми металлами, но и позволяет повысить прочность их соединения за счет дополнительного увеличения плотности активных центров схватывания.

Интенсификацию поперечных деформаций δ_n и скольжения проволоки 1 по поверхности детали 2 достигали поперечной вибрацией f роликового электрода 3 (рис. 3а). Для увеличения осевой составляющей деформации δ_{oc} проволоки предложены способы ЭКП с притормаживанием роликового электрода 1 посредством приложения к нему дополнительного момента M (рис. 3б), а также ЭКП электродом, развернутым на угол α относительно осевой линии детали (рис. 3в). Оба последних способа приводят к увеличению силы трения $F_{тр}$ между электродом и проволокой, способствующей ее осевой деформации.

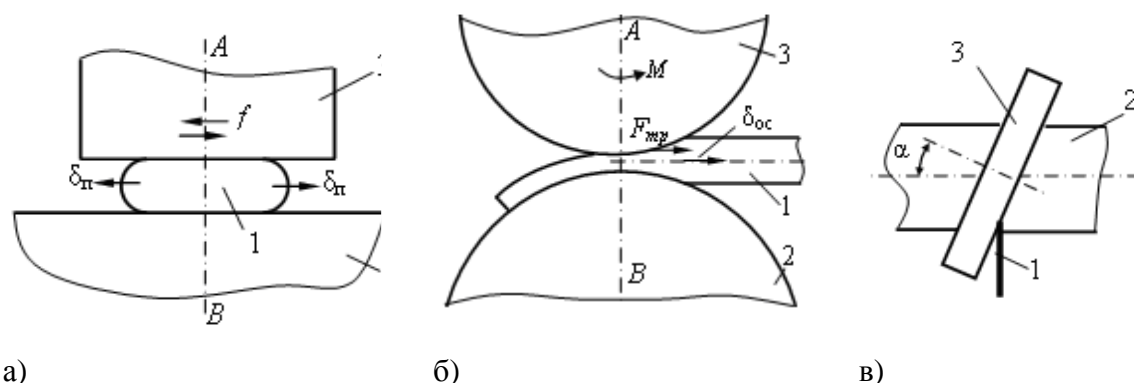


Рис. 3. Технологические варианты ЭКП с интенсификацией скольжения проволоки по поверхности детали: а) ЭКП с поперечными колебаниями электрода; б) ЭКП с притормаживанием электрода; в) ЭКП с частично развернутым электродом

Следует отметить, что технологические мероприятия по предварительному подогреву привариваемой проволоки и интенсификации ее скольжения по поверхности детали могут осуществляться одновременно, расширяя технологические возможности процесса ЭКП по управлению качеством формируемого металлопокрытия. Разработанные мероприятия могут применяться не только при ЭКП проволоки, близкой по тепло- и электрофизическим свойствам к металлу детали, но и в случае их значительного различия. Так, например, предложенные технологические мероприятия использованы при ЭКП проволоки 40X13 на сталь 40X. В зоне соединения наблюдается сплошная граница соединения в виде ориентированной в плоскости контакта межзеренной границы, и отсутствуют дефекты сплошности (рис. 4).

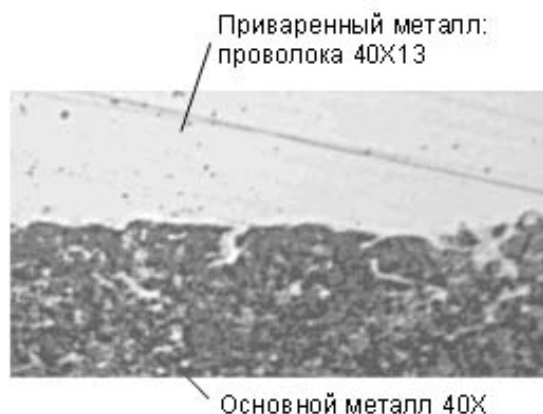


Рис. 4. Структура зоны соединения (x350) (травление 4 %-м раствором азотной кислоты в этиловом спирте)

Разработанные технологические мероприятия использованы при восстановлении широкой номенклатуры автотракторной и сельскохозяйственной техники, деталей технологического оборудования предприятий Калужской области. Их применение позволило сократить количество производственного брака, предотвратить случаи отслоения приваренного металла в процессе последующих упрочняющих операций, повысить качество восстановленных деталей за счет снижения разброса физико-механических свойств нанесенного металлопокрытия.

Выводы:

1. Стабилизация контактных электросопротивлений между электродом, проволокой и поверхностью детали и снижение их пиковых значений в начальные моменты пропускания импульсов тока приварки может быть достигнуто предварительным подогревом привариваемой проволоки.
2. Снижение роли тепловой энергии в формировании физического контакта между привариваемым и основным металлами и образовании между ними сварного соединения может быть достигнуто интенсификацией скольжения проволоки по поверхности детали при ее поперечной и осевой деформации в течение термомеханического цикла приварки.

Список литературы

1. Булычев В.В., Латыпов Р.А. Особенности пластической деформации при получении покрытий электроконтактной приваркой // Международный научный журнал. – 2010. – № 5. – С. 78-85.

2. Булычев В.В., Латыпов Р.А. К вопросу о формировании соединения при электроконтактной приварке // Международный технико-экономический журнал. – 2010. – № 5. – С. 59-65.
3. Булычев В.В. Повышение прочности электроконтактной приварки проволоки за счет увеличения ее осевого деформирования // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2011. – № 9. – С. 7-10.
4. Дубровский В.А., Булычев В.В., Столяров И.В. Оптимизация тепловых процессов при электроконтактной наварке проволокой // Сварочное производство. – 1997. – № 9. - С. 19-21.
5. Каракозов Э.С. Соединение металлов в твердой фазе. – М.: Metallurgia, 1976. – 264 с.
6. Каракозов Э.С., Латыпов Р.А., Молчанов Б.А. Состояние и перспективы восстановления деталей электроконтактной приваркой материалов. – М.: Информагротех, 1991. – 85 с.
7. Клименко Ю.В. Электроконтактная наплавка. – М.: Metallurgia, 1978. – 128 с.
8. Латыпов Р.А., Булычев В.В., Молчанов Б.А. Энергетическая оценка прочности соединения металлов при электроконтактной приварке. Монография. – М.: Московский государственный вечерний металлургический институт, 2011. – 43 с.

Рецензенты:

Сидоров В.Н., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калужский филиал, г. Калуга.

Шаталов В.К., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калужский филиал, г. Калуга.