

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК

УДК 621.791: 621.791.9

СЕРОВ АНТОН ВЯЧЕСЛАВОВИЧ, канд. техн. наук, доцент

E-mail: rezonans_demo@mail.ru

СЕРОВ НИКИТА ВЯЧЕСЛАВОВИЧ, ассистент

E-mail: spreiz2@inbox.ru

БУРАК ПАВЕЛ ИВАНОВИЧ, докт. техн. наук, профессор

E-mail: pburak@rambler.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева,
ул. Лиственничная аллея, 2А, Москва, 127550, Российская Федерация

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ПРИВАРКИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ И УПРОЧНЕНИИ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Ресурсосберегающие технологии с каждым годом становятся всё более актуальными в машиностроении. Перспективным направлением повышения эффективности использования материалов и качества восстановления и упрочнения деталей является создание на рабочей поверхности функционального покрытия. Перспективным способом получения такого покрытия на поверхности детали сельскохозяйственных машин, с точки зрения номенклатуры получаемых покрытий, экологической чистоты и экономии дорогостоящих материалов, является электроконтактная приварка компактных и порошковых материалов. Получены выражения, позволяющие назначать и определять технологические параметры электроконтактной приварки (скорость сварки, время паузы), обеспечивающие полное перекрытия сварочных точек при постоянном взаимном перемещении сварочных электродов и детали. Найден режимы упрочнения лемеха плуга из стали 65Г (0,62...0,7% С; 0,9...1,2% Mn) электроконтактной приваркой металлической ленты из стали марки У12 (1,16...1,23% С) толщиной 0,5 мм. Испытания на износостойкость проводились при среднем контактом давлении в зоне трения 0,33 МПа, расходе абразивного материала (частицы кварца размером 0,16...0,32 мм) – 7,0 г/мин, длительности испытаний 30 мин. В результате испытаний установлено, что относительная износостойкость покрытий, полученных электроконтактной приваркой металлической ленты из стали У12 (твёрдость 92 HRN15) на лемех из стали 65Г, в 2,27 раза больше, чем у стали 65Г с твёрдостью 52HRN15 и в 1,3 раза, чем у стали 65Г, термообработанной до твёрдости 88 HRN15.

Ключевые слова: функциональные покрытия, восстановление, упрочнение, ремонт, электроконтактная приварка, металлическая лента.

Введение. Ресурсосберегающие технологии с каждым годом становятся всё более актуальными в машиностроении. Одним из направлений повышения эффективности использования ресурсов (материалов) и качества производства, восстановления и упрочнения деталей является создание на рабочей поверхности функционального покрытия, отвечающего требованиям, предъявляемым к данной детали, и обеспечивающего необходимый рабочий ресурс при работе в сочетании с материалом основы.

Перспективным способом получения функциональных покрытий на поверхностях деталей

сельскохозяйственных машин, с точки зрения номенклатуры получаемых покрытий, экологической чистоты и экономии дорогостоящих материалов, является электроконтактная приварка компактных (лента, проволока) и порошковых материалов [1-3].

Функциональным покрытием можно считать слой, созданный на поверхности детали, являющийся её неотъемлемой частью, отличающийся от неё по химическому составу и имеющий меньшую толщину, чем основной материал, обладающий строго определёнными (заданными) свой-

ствами, чередованием или градиентом свойств, необходимыми для работы детали или обеспечивающими более высокие технико-экономические показатели эксплуатации изделия, чем без наличия такового [3].

Цель исследования – получение аналитических зависимостей для назначения и расчёта основных технологических параметров электроконтактной приварки, обеспечивающих полное перекрытие сварочных точек.

Материал и методы. Для получения расчётных формул использовался метод математического моделирования. Износостойкость образцов определялась на установке ИМ-01 при среднем контактом давлении в зоне трения 0,33 МПа, расходе абразивного материала (частицы кварца размером 0,16...0,32 мм) – 7,0 г/мин, длительности испытаний 30 мин.

Результаты и обсуждение. На процесс электроконтактной приварки влияет множество различных факторов. Все влияющие факторы условно делятся на регулируемые; нерегулируемые и неконтролируемые; не регулируемые, но контролируемые. К нерегулируемым факторам относятся влажность воздуха, атмосферное давление, температура окружающей среды, колебания напряжения в сети, состояние оборудования (износ, жёсткость и точность установки) и т.д. К не регулируемым, но контролируемым (известным) факторам относятся материал (теплопроводность, удельное электрическое сопротивление, упругость, твёрдость, пластичность и прочность); геометрические размеры и шероховатость детали присадочного материала и электродов. К регулируемым факторам относятся режимы процесса [4].

Правильный выбор режимов электроконтактной приварки является определяющим для получения покрытий необходимого качества. К режимам электроконтактной приварки можно отнести [1, 2, 4-6]:

- величину сварочного тока ($I_{св}$), которая регулируется изменением угла управления α тиристорного контактора (регулятора);
- длительность сварочного импульса (t_n) и длительность паузы (t_p), которые также задаются регулятором сварочного тока;
- скорость сварки ($v_{св}$) для плоских деталей (задаваемая подачей электродов), окружную скорость детали для тел вращения (регулируемую изменением частоты вращения детали n) [7].

Скорости сварки недостаточно для определения производительности процесса электроконтактной приварки. При этом под производительностью Q можно понимать площадь покрытия, наносимую в единицу времени, объём наносимого материала или массу, которые можно найти из следующего соотношения:

$$Q_M = Q_V \rho = Q_S \rho \delta, \quad (1)$$

где Q_M – масса наносимого покрытия в единицу времени, г/мин; Q_V – объём наносимого покрытия в единицу времени, мм³/мин; Q_S – площадь нано-

симого покрытия в единицу времени, мм²/мин; ρ – плотность присадочного материала, г/мм³; δ – толщина полученного покрытия, мм.

Площадь наносимого покрытия в единицу времени зависит от ширины присадочного материала, привариваемого за один проход инструмента (электрода) b_n (рис. 1).

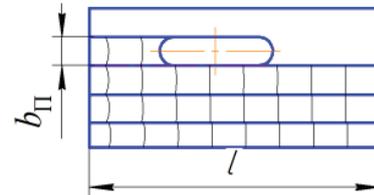


Рис. 1. Схема процесса электроконтактной приварки плоских поверхностей

Из рисунка 1 можно найти Q_S :

$$Q_S = v_{св} b_n, \quad (2)$$

где b_n – ширина материала, привариваемая за один проход электрода, мм; $v_{св}$ – скорость сварки, мм/мин.

Подставив выражение (2) в (1), получим расчётную формулу для определения производительности процесса электроконтактной приварки:

$$Q_M = Q_V \rho = Q_S \rho \delta = v_{св} b_n \rho \delta. \quad (3)$$

Введено понятие коэффициента перекрытия сварочных площадок ($k_{пн}$) между соседними точками ряда ($k_{пн}$) и между рядами приварки ($k_{пс}$), отражающий отношение пути, пройденного деталью за время паузы (расстояние между соседними рядами), к диаметру сварочной точки, имеющей круглую форму [4, 5]:

$$k_{пн} = \frac{l_n}{d_t}.$$

Тогда

$$l_n = k_{пн} d_t = v_{св} t_n,$$

где l_n – путь, проходимый электродом за время паузы, мм; t_n – время паузы, с; d_t – диаметр приваренной единичной точки при ее круглой форме, или ширина валика приварки, мм.

Поскольку точка, полученная при прохождении сварочного импульса, имеет вид окружности или вытянутой окружности, установлено, что для контакта единичных сварочных точек необходимо соприкосновение сторон вписанных в полукруг окружности квадратов.

Расстояние между началом каждого следующего импульса должно быть меньше или равно $r\sqrt{2}$, или $\frac{d_t}{2}\sqrt{2} \approx 0,71d_t$, следовательно, оптимальный коэффициент перекрытия $k_{пн} = k_{пн} = k_{пс} = 0,71$ [4-6].

Однако во время прохождения импульса тока также происходит взаимное перемещение электродов и детали. Путь, проходимый электродом за время импульса, –

$$l_n = vt_n,$$

где t_n – время импульса, с.

Площадь ленты, через который ток проходит в течение всего импульса, равна удвоенной площади сегмента отсекаемой общей хордой пересекающихся окружностей в начале протекания импульса и в его конце (рис. 2):

$$S_n = 2 \cdot \frac{1}{2} R^2 (\theta - \sin \theta),$$

$$S_n = 2 \cdot R^2 \cos^{-1} \left(\frac{R-h}{R} \right) - (R-h) \sqrt{2Rh-h^2},$$

$$S_n = 2 \cdot R^2 \cos^{-1} \left(\frac{d}{R} \right) - d \sqrt{R^2 - d^2},$$

$$d = \frac{l_n}{2}; R = \frac{d_\tau}{2},$$

$$S_n = \frac{1}{2} (d_\tau^2 \cos^{-1} \left(\frac{l_n}{d_\tau} \right) - \sqrt{d_\tau^2 - l_n^2}),$$

где θ – угол, рад.

Это означает, что следующий импульс тока должен начинаться через такой промежуток времени, через который будет обеспечено перекрытие сварочных площадок с коэффициентом $k_{\Pi n}$ относительно положения сварочной точки в момент начала протекания сварочного тока, а не положения сварочной точки, в котором протекание тока заканчивается. Следовательно, путь, проходимый точкой за время паузы, должен быть меньше на расстояние, проходимое за время импульса.

С учётом этого путь, проходимый точкой за время паузы, обеспечивающий полное перекрытие сварочных площадок, должен быть равен

$$l_n = v_{cb} t_n - v_{cb} t_n = v_{cb} (t_n - t_n),$$

$$l_n = k_{\Pi n} (d_\tau - v_{cb} t_n),$$

$$v_{cb} t_n = k_{\Pi n} (l_n - l_n),$$

$$v_{cb} t_n = k_{\Pi n} (d_\tau - v_{cb} t_n),$$

$$v_{cb} t_n = k_{\Pi n} d_\tau - v_{cb} t_n k_{\Pi n}.$$

Поскольку скорость сварки и время протекания импульса являются параметрами, задающимися с целью обеспечения требуемых свойств покрытия, то из полученного уравнения необходимо выразить параметр, обеспечивающий требуемое перекрытие сварочных площадок – время паузы t_n :

$$t_n = \frac{k_{\Pi n} d_\tau}{v_{cb}} - t_n k_{\Pi n}. \quad (4)$$

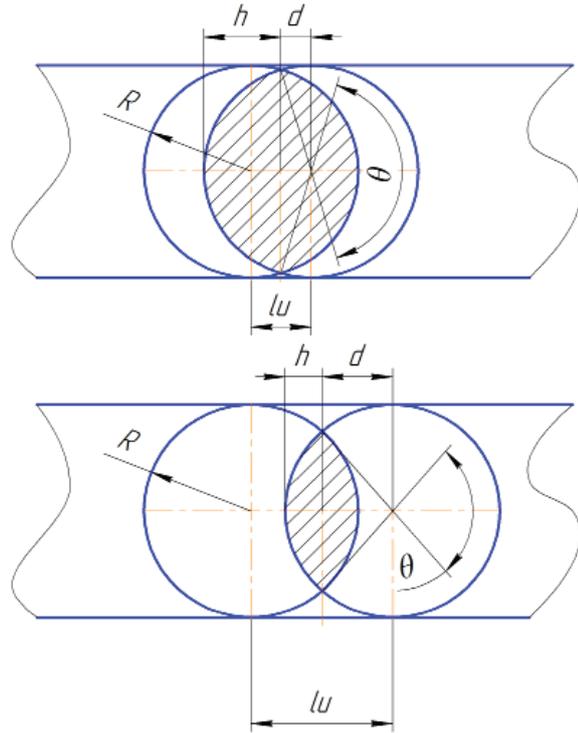


Рис. 2. Площадь, привариваемая за один цикл сварки

Выразив скорость сварки, получим

$$v_{cb} t_n + v_{cb} t_n k_{\Pi n} = k_{\Pi n} d_\tau,$$

$$v_{cb} = \frac{k_{\Pi n} d_\tau}{t_n + t_n k_{\Pi n}}. \quad (5)$$

При этом расстояние между рядами приварки (b_n) для точки округлой формы будет находиться как

$$b_n = k_{\Pi S} d_\tau. \quad (6)$$

Подставив (5) и (6) в выражение (3), получим:

$$Q_s = \frac{k_{\Pi n} d_\tau k_{\Pi S} d_\tau}{t_n + t_n k_{\Pi n}} = \frac{k_{\Pi n} k_{\Pi S} d_\tau^2}{t_n + t_n k_{\Pi n}}. \quad (7)$$

Максимальная производительность процесса будет достигнута при максимальном произведении $k_{\Pi n}$ и $k_{\Pi S}$, что достигается только при их равенстве, поэтому рекомендуется использовать одинаковые коэффициенты перекрытия между рядами приварки и между соседними точками в ряду.

В случае неравенства величин ($k_{\Pi n} \neq k_{\Pi S}$) воспользуемся расчётной схемой, из которой следует, что длина гипотенузы прямоугольного треугольника с катетами $k_{\Pi S} d_\tau$ и $k_{\Pi n} d_\tau$ равна d_τ (рис. 3), следовательно

$$d_\tau = \sqrt{(k_{\Pi S} d_\tau)^2 + (k_{\Pi n} d_\tau)^2},$$

$$1 = \sqrt{k_{\Pi S}^2 + k_{\Pi n}^2}.$$

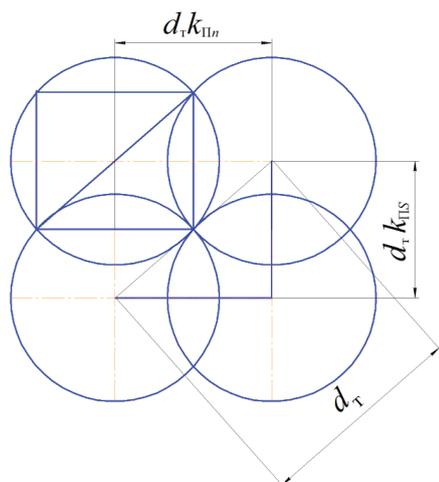


Рис. 3. Расчётная схема для нахождения соотношения между коэффициентами перекрытия

Если существует технологическая необходимость использовать различные коэффициенты перекрытия между соседними точками в ряде и между рядами приварки для обеспечения сплошности соединения, необходимо выполнение следующих условий:

$$k_{плс} = \sqrt{1 - k_{плн}^2} \quad \text{или} \quad k_{плн} = \sqrt{1 - k_{плс}^2} .$$

Для случая упрочнения лемеха плуга электроконтактной приваркой металлической ленты [7] в соответствии с проведёнными теоретическими исследованиями были получены режимы приварки металлической ленты из стали марки У12 толщиной 0,5 мм на лемех из стали 65Г (рис. 4).

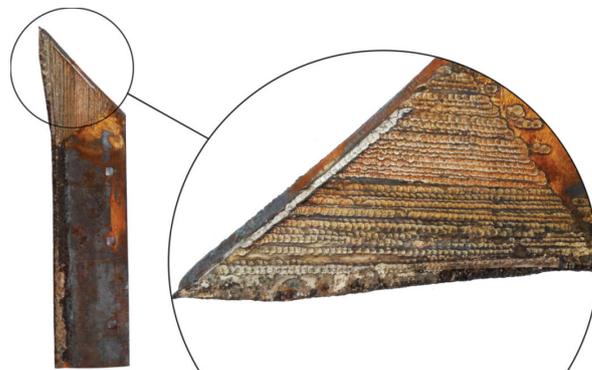


Рис. 4. Лемех плуга с покрытием из стали У12

Износостойкость полученных покрытий и стали 65Г, термообработанной до твёрдости 88 HRN15 относительно лемеха в исходном состоянии (65Г твёрдость 52 HRN15), представлена на рисунке 5.



Рис. 5. Результаты испытаний на износостойкость

Выводы

1. В ходе теоретического исследования были получены расчётные формулы, позволяющие определять технологические параметры электроконтактной приварки, обеспечивающие полное перекрытие сварочных точек при взаимном перемещении сварочных электродов и детали.
2. Относительная износостойкость покрытий, полученных электроконтактной приваркой металлической ленты из стали У12 (твёрдость 92 HRN15) на лемех из стали 65Г, в 2,27 раза больше, чем у ста-

ли 65Г с твёрдостью 52HRN15, и в 1,3 раза больше, чем у стали 65Г, термообработанной до твёрдости 88 HRN15.

Библиографический список

1. Латыпов Р.А. Выбор компактных и порошковых металлических материалов и управление качеством покрытий при упрочнении и восстановлении деталей электроконтактной приваркой: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. М.: Моск. гос. вечер. металлург. ин-т, 2007. 48 с.

2. Бурак П.И. Материалы, рекомендованные для электроконтактной приварки / П.И. Бурак, А.В. Серов // Труды ГОСНИТИ. М.: ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии, 2010. Т. 105. С. 176-180.

3. Серов А.В. Функциональные покрытия в сельскохозяйственном машиностроении / А.В. Серов, П.И. Бурак, Р.А. Латыпов, Н.В. Серов // Международный научный журнал. М.: ООО «Спектр», 2014, Вып. 6. С. 71-77.

4. Бурак П.И. Интенсификация электроконтактной приварки лент при восстановлении деталей: Автореф. дис. ...докт. техн. наук / П.И. Бурак. М.: Моск. гос. агроинженер. ун-т имени В.П. Горячкина, 2012. 36 с.

5. Серов А.В. Совершенствование технологии восстановления деталей сельскохозяйственной

техники электроконтактной приваркой металлической ленты: Автореф. дис. ...канд. техн. наук / А.В. Серов / М.: Моск. гос. агроинженер. ун-т имени В.П. Горячкина, 2011. 16 с.

6. Беречкидзе А.В. Оптимизация сроков службы чайных машин и усовершенствование технологических процессов восстановления и упрочнения их деталей: Автореф. дис. ...докт. техн. наук / А.В. Беречкидзе. Тбилиси: Грузин. гос. аграр. ун-т, 1997. 60 с.

7. Серов Н.В. Технология упрочнения лемехов плуга электроконтактной приваркой / Н.В. Серов, П.И. Бурак, А.В. Серов // Труды ГОСНИТИ. М.: ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии, 2015. Т. 121. С. 287-290.

Статья поступила 14.09.2016 г.

ESTIMATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF ELECTROCONTACT WELDING FOR RECOVERY AND HARDENING OF FLAT SURFACES

ANTON V. SEROV, PhD Tech Sc, Associate Professor

E-mail: rezonans_demo@mail.ru

NIKITA V. SEROV, assistant

E-mail: spreiz2@inbox.ru

PAVEL I. BURAK, DSc, Professor

E-mail: pburak@rambler.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

Alternative technologies become more actual in mechanical engineering every year. Creating a functional cover on a worksurface is a promising direction of improving effective material use and quality of restoring and strengthening details. Electrocontact welding of compact and powder materials is a promising way to get such a cover on detail surface in agricultural machinery from the point of view of spectrum of obtained details, ecological clearness and economy expensive materials. Value is calculated which allows to appoint and determine the technological parameters of electrocontact welding (welding speed, pause time), providing the whole covering of weld spots while welding electrodes and a detail are relatively moving all the time. The conditions of hardening steel plough share 65G (0.62...0.7% C; 0.9...1.2% Mn) by electrocontact welding with metal steel band U12 (1.16...1.23% C) with thickness 0.5 mm are found. The experiment of wear resistance was provided under average contact pressure 0.33MPa in friction zone, and abrasive consumption (quartz piece 0.16... 0.32 mm) – 7.0 g/min, the length of experiment was 30 minutes. This experiment showed that relative wear resistance of covers, got by electrocontact welding with metal steel band U12 (solidity 92 HRN15) on steel plough share 65G, is higher in 2,27 times than steel 65G with solidity 52 HRN15, and 1.3 times higher than steel 65G, wrought to solidity 88 HRN15.

Key words: functional covers, restoring, hardening, repair, electrocontact welding, metal band.

References

1. Lатыпов Р.А. Выбор компактных и порошковых металлических материалов и управление

качеством покрытий при упрочнении и восстановлении деталей электроконтактной приваркой [Choosing compact and powder metal materials and managing cover quality during hardening and restoring details

by electrocontact welding]: Abstract from diss... doc. tech. sci. M.: Moscow State Evening Iron and Steel Institute, 2007. 48 p.

2. Burak P.I. Materialy, rekomendovannye dlya elektrokontaktnoy privarki [Materials, recommended for electrocontact welding] / P.I. Burak, A.V. Serov // Materials GOSNITI. M.: FBRI GOSNITI of Russian Agricultural Academy, 2010. Vol.105. Pp. 176-180.

3. Serov A.V. Funktsional'ny pokrytiya v selskokhozyaistvennom mashinostroenii [Functional covers in agricultural mechanical engineering] / A.V. Serov, P.I. Burak, R.A. Latypov, N.V. Serov // International scientific journal. M.: OOO "Spektr", 2014. Issue 6. Pp. 71-77.

4. Burak P.I. Intensifikatsiya elektrokontaktnoy privarki lent pri vosstanovlenii detaley [Intensification of electrocontact welding of bands during restoring details]: Abstract diss... doc.tech.sci. / P.I. Burak. M.: Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin, 2012. 36 p.

5. Serov A.V. Sovershenstvovanie tekhnologii vosstanovleniya detaley selskokhozyaistvennoy

tekhniki elektrokontaktnoy privarkoy metallicheskoy lenty [Restoring technology improvement of details in agricultural equipment by electrocontact welding of metal band]: Abstract of diss... cand. tech.sci. / A.V. Serov / M.: Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin, 2011. 16 p.

6. Berechikidze A.V. Optimizatsiya srokov sluzhby chaynykh mashin i usovershenstvovanie tekhnologicheskikh protsessov vosstanovleniya i uprochneniya ikh detaley [Optimization of tea-machines service and improvement of technological restoring processes and hardening their details]: Abstract diss... doc.tech. sci. / A.V. Berechikidze. Tbilisi: Georgian State Agrarian University, 1997. 60 p.

7. Serov N.V. Tekhnologiya uprochneniya lemkhov pluga elektrokontaktnoy privarkoy [Hardening plough share technology by electrocontact welding] / N.V. Serov, P.I. Burak, A.V. Serov // Materials GOSNITI. M.: FBRI GOSNITI of Russian Agricultural Academy, 2015. Vol.121. Pp. 287-290.

Received on September 9, 2016