

УДК 621.791.92

Бережная Е. В., Чепель Ю. А., Кассов В. Д.

**УСТРОЙСТВО СЖАТИЯ СВАРОЧНЫХ РОЛИКОВ  
ДЛЯ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ НАПЛАВКИ**

Развитие современного машиностроения характеризуется повышением эксплуатационных параметров работы машин, в результате чего использовавшиеся ранее технологические процессы и материалы часто не отвечают возросшим требованиям надежности и долговечности. Упрочнение деталей путем нанесения покрытий позволяет снизить расход легированных сталей при одновременном повышении ресурса работы машин [1]. Одним из эффективных способов нанесения износостойких покрытий является электроконтактная наплавка (ЭКН) [2]. Этот способ может применяться для упрочнения деталей с плоской поверхностью различной протяженности, с цилиндрическими и коническими поверхностями. Кроме того, ЭКН позволяет осуществлять наращивание металла на поверхность изделия с целью восстановления первоначальных размеров изношенной детали с минимальным тепловложением в основной металл. ЭКН осуществляют на специальной установке деформированием наплавляемого металла и поверхностного слоя металла основы, нагретых в очаге деформации до пластического состояния короткими (0,02–0,04 с) импульсами тока 10–20 кА. В результате каждого из последовательных электромеханических циклов процесса на поверхности металла основы образуется единичная площадка наплавленного металла, перекрывающая соседние. Деформация наплавляемого металла за цикл составляет 40–60 %. Наличие пластической деформации присадочного материала дает возможность повысить прочность сцепления покрытия с основой [3].

Цель работы – совершенствование устройства сжатия сварочных роликов для электроконтактной наплавки проволоки двумя роликовыми электродами.

Одним из наиболее перспективных вариантов ЭКН представляется двухточечная технологическая схема наплавки. Ток в зону наплавки подводится через два наплавляющих ролика, что позволяет исключить из внешнего контура контактный переход «патрон – металл основы» и уменьшить потери мощности. Особенность этой схемы также и в том, что первым наплавочным роликом наплавляется спиралевидный валик, в котором соседние единичные площадки не перекрываются, а вторым роликом проплавляются образовавшиеся пропуски (рис. 1).

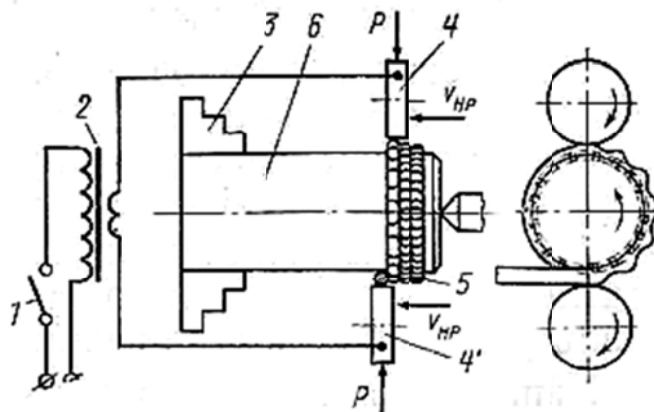


Рис. 1. Двухточечная схема наплавки:

1 – прерыватель тока; 2 – трансформатор; 3 – кулачки патрона базового станка; 4 и 4' – наплавляющие ролики; 5 – наплавленный металл; 6 – металл основы

Таким образом, одним импульсом тока наплавляются две диаметрально противоположные площадки металла. Сплошной слой металла, как и при наплавке по первым двум схемам, образуется за счет перекрытия по ширине соседних витков спиралевидного валика, что обеспечивается соответствующей скоростью перемещения роликов относительно вращающейся детали [4]. Двухточечная технологическая схема позволяет повысить производительность наплавки на 70–80 %. Однако при наплавке по этой схеме тепловыделение происходит на небольшом участке металла основы. Поэтому двухточечную технологическую схему целесообразно применять для наплавки массивных деталей, к которым не предъявляются жестких требований по допустимому термическому влиянию, а вероятность температурной деформации мала. Частота вращения детали, продольная подача сварочных клещей и частота следования импульсов являются важными параметрами процесса, определяющими его производительность. Соотношение этих величин подбирают так, чтобы обеспечить 6 или 7 сварных точек на 1 см длины сварного шва. Особенность конструкции предлагаемой сварочной головки – сварочные ролики соединены с винтовым стержнем, соединенным через гайку с подпружиненной шестерней, упирающейся в конечный выключатель и соединенной через промежуточный блок шестерен с шестерней на валу электродвигателя [5]. При этом ролики смещены относительно друг друга вдоль оси детали таким образом, что нижний ролик попадает в промежуток между витками спирального шва, наплавленного верхним роликом. Устройство привода сжатия электроконтактной установки для восстановления деталей включает корпус 1, в котором смонтирован винтовой стержень 2, с одной стороны которого закреплен сварочный ролик 3, а с другой стороны соединен через гайку 4 с подпружиненной шестерней 5, упирающейся в конечный выключатель 6 и соединенной через промежуточный блок шестерен 7 с шестерней 8 на валу электродвигателя 9 (рис. 2).

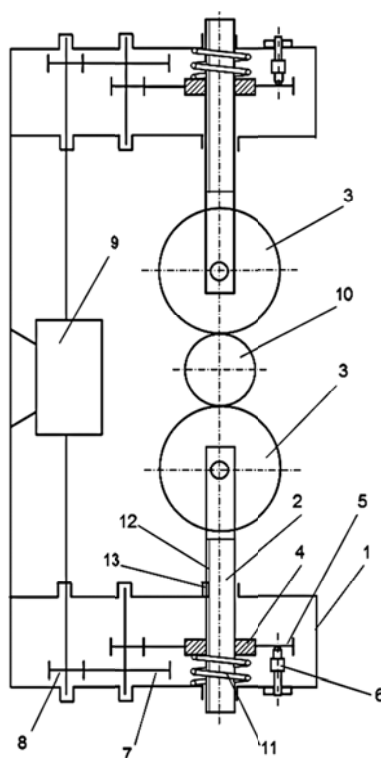


Рис. 2. Схема привода сжатия роликовых электродов

Привод сжатия электроконтактной установки для восстановления деталей работает следующим образом. Обрабатываемая деталь 10 устанавливается в патроне и приводится во вращение от специального привода (не показано). Включают электродвигатель 9, вращающий шестерню 8, которая передает вращение промежуточному блоку шестерен 7, который

передает вращение шестерне 5, подпружиненной пружиной 11. В шестерне 5 закреплена гайка 4, которая, вращаясь, перемещает винтовой стержень 2 вверх или вниз в зависимости от направления вращения электродвигателя. При перемещении винтового стержня 2 он соприкасается с обрабатываемой деталью 10 и дальнейшее его перемещение вызывает сжатие пружины 11, которая обеспечивает необходимое прижатие электродов к обрабатываемой детали 10. Для предотвращения проворачивания винтового стержня 2 во время вращения гайки 4 на нем по всей длине резьбы предусмотрен паз 12, в который входит шлиц 13 корпуса 1. Усилие сжатия электродов регулируется конечным выключателем 6. Для различных диаметров проволоки требуются ролики различной ширины. Для предотвращения выдавливания расплавленного металла предлагается увеличить ширину рабочей части электрода до таких значений, при которых весь наплавляемый металл будет проковываться электродом на всей стадии его осадки. Расчетная схема связывает такие основные параметры наплавки, как ширина электрода  $b$ , диаметр проволоки  $d$ , шаг наплавки  $H$ , величину осадки проволоки с объемом выдавливаемого металла (рис. 3) [6].

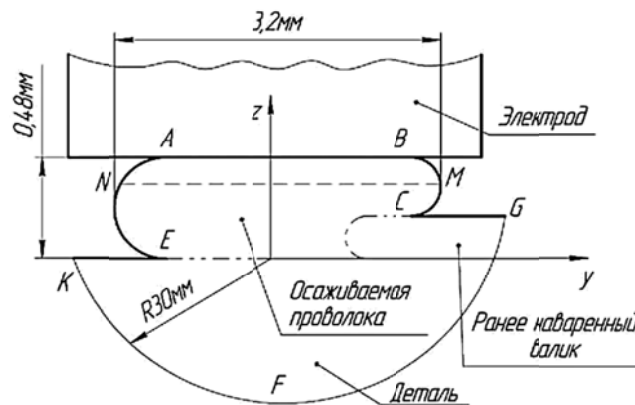


Рис. 3. Расчетная схема определения ширины сварочного ролика при электроконтактной наплавке

Высота неровности наплавленного слоя:

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \left( (b_1 - H)h - kh \frac{b - 2H + b_1}{2} \right)},$$

где  $b_1 = \frac{\pi d^2}{4h(1 + \varepsilon)}$  – ширина наплавленного валика;

$k$  – коэффициент неравномерности течения металла;

$h$  – высота наплавленного валика;

$\varepsilon$  – осевая деформация проволоки.

Оптимальная ширина электрода соответствует нулевому значению объема выдавленного металла и находится из выражения:

$$b = \left( 5,992 - \frac{\pi d}{8(1 - \eta)(1 + \varepsilon)} \right) + 4,237 \sqrt{a},$$

$$\text{где } a = \left( 1,414 - \frac{0,03 \pi d}{(1 - \eta)(1 + \varepsilon)} \right) + \frac{0,201 \pi d}{(1 - \eta)(1 + \varepsilon)} - 3,414 ;$$

$\eta$  – относительная величина осадки проволоки.

Полученная зависимость позволяет на стадии разработки технологического процесса наплавки обоснованно назначать оптимальную ширину электрода. Так, при использовании проволоки диаметром 1,6 мм оптимальная ширина электрода должна составлять 8 мм. Согласно схеме действия сил в плоскости роликового электрода, проволока 1 подается со стороны детали 2, вращающейся со скоростью  $\omega_\partial$ , и роликового электрода 3, вращающегося со скоростью  $\omega_\partial$  (рис. 4) [7].

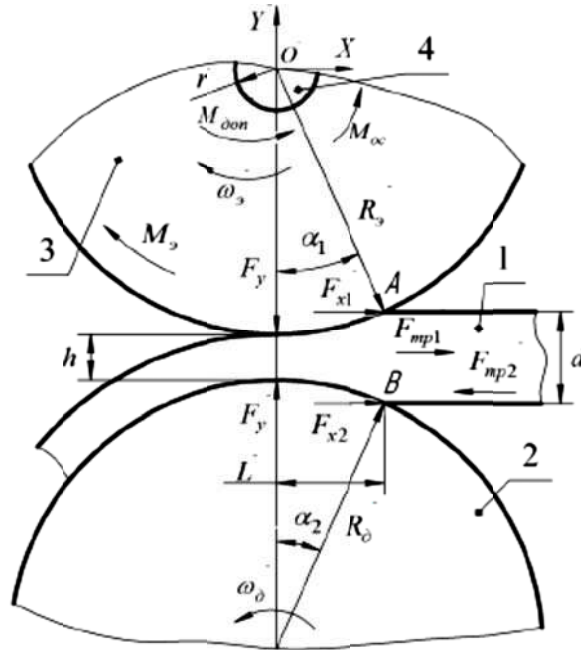


Рис. 4. Схема действия сил в плоскости роликового электрода

Примем допущение о том, что равнодействующие всех сил приложены к проволоке в точках  $A$  и  $B$ . Из-за кривизны поверхностей роликового электрода радиусом  $R_\partial$  и детали радиусом  $R_\partial$  вертикальная сила  $F_y$  приводит к возникновению горизонтальных сил  $F_{x1}$  и  $F_{x2}$ , действующих вдоль наплавляемой проволоки:

$$F_{x1} = F_y \cdot \operatorname{tg} \alpha_1; \quad F_{x2} = F_y \cdot \operatorname{tg} \alpha_2; \quad \alpha_1 = \arcsin\left(\frac{L}{R_\partial}\right); \quad \alpha_2 = \arcsin\left(\frac{L}{R_\partial}\right),$$

где  $L = \sqrt{\frac{2R_\partial R_\partial (d-h)}{R_\partial + R_\partial}}$  – длина зоны деформирования проволоки.

Осевому деформированию проволоки препятствует сила трения, возникающая при скольжении проволоки по поверхности детали:

$$F_{mp2} = f_{mp} F_y,$$

где  $f_{mp}$  – коэффициент трения скольжения проволоки о наплавляемую деталь.

Роликовый электрод приводится во вращение действием силы трения  $F_{mp1}$  между ним и проволокой. Создаваемый силой  $F_{mp1}$  момент  $M_\partial = F_{mp1} R_\partial$  должен быть достаточным для преодоления момента трения  $M_{oc}$  роликового электрода радиусом  $R_\partial$ :

$$M_{oc} = F_y \cdot f' \cdot R_\partial,$$

где  $f$  – коэффициент трения скольжения проволоки о наплавляемую деталь.

С учетом вышесказанного, равнодействующая сила  $F_x$ , вызывающая осевую деформацию проволоки, составит:

$$F_x = F_{x2} - F_{mp2} + F_{x1} + F_{mp1}.$$

Контроль усилия на электродах машины электроконтактной наплавки, также как и других параметров, осуществляется микропроцессорной системой управления. Для регистрации кривой изменения усилия на электродах машин или получения информации о значении усилия необходимо иметь специальные датчики, преобразующие измеряемые деформации в пропорциональный им электрический сигнал [5]. Для измерения усилия сжатия электродов применяются различные методы. Наиболее широкое применение в силоизмерительной аппаратуре получил тензометрический метод измерения на основе использования полупроводниковых или металлических тензорезисторов, обеспечивающий высокую линейность и точность измерения. При ЭКН регистрация усилия осуществляется с помощью тензорезисторов (рис. 5).

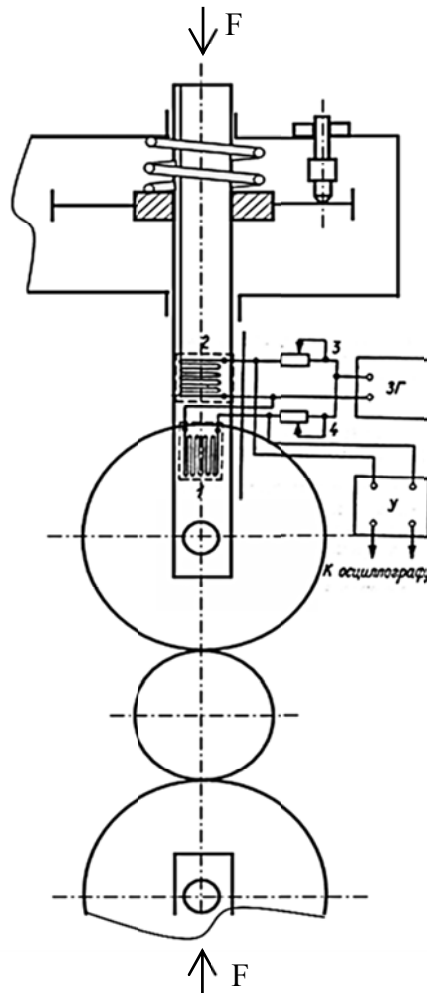


Рис. 5. Регистрация усилия при контактной наплавке с помощью тензорезисторов

Датчики 1 и 2 равного сопротивления наклеиваются на электрододержатель, играющий роль упругого элемента сжатия-растяжения. Датчик 1 реагирует на возможную деформацию. Датчик 2 играет роль термокомпенсирующего элемента, так как в процессе наплавки упругий элемент нагревается, а изменение сопротивления тензодатчика за счет нагрева

не должно восприниматься как измеряемое. Резисторы 3 и 4 составляют другие плечи моста и находятся вне машины. К одной диагонали моста подключается источник стабильного переменного напряжения обычно звуковой частоты 3Г. С другой его диагонали сигнал через нормирующий усилитель У подается на осциллограф или измерительный прибор с цифровой индикацией показателей (рис. 6).

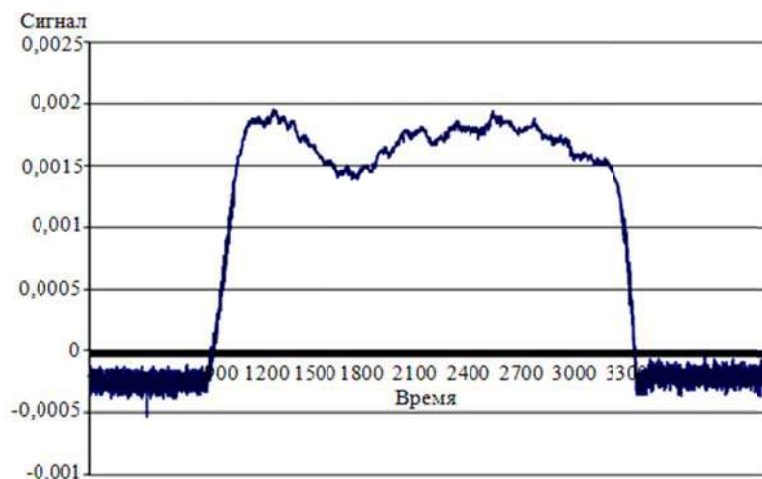


Рис. 6. Осциллограмма изменения сигнала усилия на ролике-электроде

Полученные данные изменения сигнала усилия на ролике-электроде позволяет скорректировать энергосиловые параметры процесса непосредственно в течение протекания импульса сварочного тока.

## ВЫВОДЫ

Увеличение технико-экономических показателей электроконтактной наплавки зависит от повышения уровня научной обоснованности принимаемых решений, осуществляемых на основе экспериментальных исследований, направленных на развитие методов расчета формообразования наплавленного металла, обеспечения возможности прогнозирования основных показателей качества с учетом вероятностного характера механизмов формирования и закономерностей получения требуемых свойств.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bhushan B. *Introduction to tribology* / B. Bhushan. – New York : John Wiley & Sons, 2002. – 732 p.
2. Бережная Е. В. *Современные методы повышения износостойкости землеройной техники* / Е. В. Бережная // *Вісник Донбаської державної машинобудівної академії* : зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2012. – № 3 (28). – С. 33–36.
3. Бережная Е. В. *Исследование затекания металла в клиновые полости рельефа на поверхности изделия при электроконтактной наплавке покрытий порошковыми лентами [Электронный ресурс]* / Е. В. Бережная, А. А. Иванов // *Ломоносов – 2010* : интернет-конференция. – Режим доступа: [http://www.lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov\\_2010/index.htm](http://www.lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2010/index.htm).
4. Бережная Е. В. *Перспективные направления снижения затрат на восстановление деталей, работающих в условиях абразивного износа* / Е. В. Бережная // *Мат. за V междунар. научн.-практ. конф. «Будущее проблематики на световната наука – 2009»*. – София : «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2009. – С. 11–13.
5. Смирнов В. В. *Оборудование для контактной сварки : справочное пособие* / В. В. Смирнов // *Металлургия*. – СПб. : Энергоатомиздат, Санкт-Петербургское отделение, 2000. – 848 с.
6. Булычев В. В. *Технология восстановления стальных коленчатых валов комбинированной наплавкой* / В. В. Булычев, В. В. Зезюля // *Ремонт, восстановление и модернизация*. – 2008. – № 12. – С. 14–18.
7. Булычев В. В. *Особенности пластической деформации при получении покрытий электроконтактной приваркой* / В. В. Булычев, Р. А. Латыпов // *Международный научный журнал*. – 2010. – № 5. – С. 78–85.

Статья поступила в редакцию 19.09.2013 г.