

**Abstract.** Modern technologies of soil cultivation during the cultivation of agricultural crops are aimed at reducing mechanical action due to a justified reduction in the number of technological operations, as well as combining several operations on the technological platform of one machine-tractor unit, performed in one pass. One of the ways to reduce the impact on the soil is to exclude formation turnover during continuous tillage (plowing). For this, deep-rippers of various designs are used. The common element for them are working bodies – metal-intensive racks with cutting and crushing surfaces. Due to the difficult working conditions, including a large mass of the unit, high dynamic loads and intense abrasive wear, they determine the failure-free, long-eternity and maintainability of the structure. The presence of the residual resource of the part by mass allows it to repeatedly restore its operational state. The proposed technology reconditioned tips are 47 % cheaper than acquiring new ones. Moreover, their resource is increased by 50 %.

УДК 621.791.927.042

**Большаков В.И.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент;

**Федоров О.С.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент;

**Ваганов Д.И.**<sup>2</sup>, ассистент

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Ижевск, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет  
имени М.Т. Калашикова», г. Ижевск, Российская Федерация

## **МИКРОСТРУКТУРНЫЙ И ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НАПЛАВЛЕННЫХ СЛОЕВ МЕТАЛЛА ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКЕ**

**Аннотация** *Выполнены экспериментальные исследования качества сплавления наплавленного слоя с основным металлом при линейной скорости наплавки 0,8...1,1 м/с. Проведены спектральный и химический анализы наплавленных слоев металла.*

Обычные, широко используемые в промышленности различные способы сварки и наплавки в основном имеют линейную скорость наплавки в пределах 25...50 м/ч. Критической скоростью сварки и

наплавки является 70 м/ч. Недостатком этих способов является, то что эти способы разработаны для формирования слоев металла с глубоким проплавлением основы с целью получения качественного сплавления слоя с основой.

В условиях работы ремонтных предприятий зачастую не требуется нанесение толстых слоев наплавленного металла так как величина износов свыше 83 % деталей не превышает 0,3 мм. При нанесении слоя большей толщины примерно 95 % металла приходится срезать твердосплавными инструментами с последующим шлифованием поверхности детали до размеров согласно техническим условиям, тем самым увеличиваются затраты на восстановление детали.

Диапазон размеров большинства посадочных мест валов и осей сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей под сальники, кольца подшипников лежит в пределах 30...40 мм. И в этих условиях актуальными и востребованными являются способы получения покрытий и технологии, обеспечивающие нанесение тонких слоев с небольшой глубиной зоны термического влияния при высокой производительности процесса. К такому способу получения наплавленных слоев следует отнести способ электродуговой наплавки цилиндрических поверхностей [1] (рисунок 1).

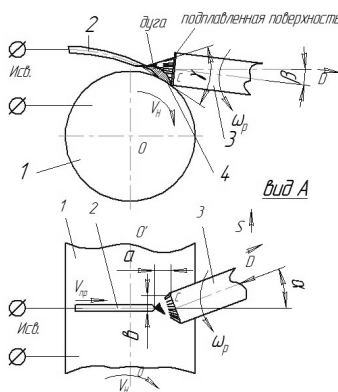


Рисунок 1 – Схема высокоскоростной электродуговой наплавки [1]:

- 1 – деталь; 2 – электродная проволока; 3 – экран-стержень;
- 4 – расплавленная поверхность детали;  $a$  и  $b$  – параметры точки касания стержня-экрана;  $\alpha$  и  $\beta$  – углы расположения стержня-экрана в пространстве;
- $V_H$  – скорость наплавки;  $S$  – шаг наплавки;  $D$  – усилие поджатия стержня-экрана

Согласно этому способу, наплавка шеек вала выполняется в следующей последовательности. В зону наплавки подается самозащитная электродная проволока Св-15ГСТЮЦА касательно к поверхности изделия с некоторым изгибом по радиусу. Сварка (наплавка) выполняется на постоянном токе прямой полярности. В момент касания электродной проволоки к поверхности детали зажигается электрическая дуга. Одновременно с подачей электродной проволоки включается вращение и подача стержня-экрана, подаваемого в зону горения дуги. При горении электрической дуги капли расплавленного металла электродной проволоки за счет магнитного дутья, сил инерции вращающейся детали, давления паров, газов и самой дуги выбрасываются в направлении вращения детали под углом  $\gamma = 60^\circ$  [4] с при линейных скоростях наплавки  $V_H = 0,8 \dots 1,1$  м/с и шаге наплавки  $S = 0,48 \dots 0,52$  мм/об. Расплавленные капли металла попадают на торцевую часть стержня-экрана, расположенного под углами  $\alpha$  и  $\beta$  в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Линия касания торцевой части стержня-экрана с поверхностью детали определяются параметрами  $a$  и  $b$ .

Капли расплавленного металла электродной проволоки и сама электрическая дуга подплавляют торцевую часть вращающегося вокруг своей оси стержня – экрана подаваемого в зону горения дуги с усилием  $P$ .

При вращении стержня – экрана происходит перенос капель металла электродной проволоки и стержня электрической дугой на поверхность детали, происходит натирание электродных материалов и формирования слоя толщиной  $0,9 \dots 1,1$  мм. Наплавка выполняется на открытом воздухе, поэтому часть металла уходит на угар разбрызгивание. Способ обеспечивает высокую производительность процесса до  $270$  см<sup>2</sup>/мин при небольшой глубине зоны термического влияния с различными физико-механическими характеристиками слоя ( $20 \dots 60$  HRC<sub>3</sub>) с прочностью сплавления наравне с основным металлом [3,5].

Качественному формированию слоя при высоких скоростях наплавки способствуют стержень – экран, обеспечивающим равновесие сил давления дуги и жидкого столба ванны за счет механического воздействия торцевой части стержня усилием  $P$ , контактирующего с поверхностью изделия для обеспечения нормального формирования шва [5,6].

В данной статье, как наиболее приемлемыми и обеспечивающими высокое качество, твердость и износостойкость, приведены лишь результаты наплавленного слоя Св-15ГСТЮЦА + сталь ХВГ.

Наплавка образцов выполнялась на детали из стали 45 диаметром 40 мм, на режимах, приведенных в работе [4] согласно предоставленной схеме [1,2,4,5] (см. рисунок 1).

С целью объяснения характера структуры, показателей твердости износостойкости наплавленного слоя, металл наплавки подвергался спектральному и химическому анализу. Спектральным анализом выявлялось содержание в слое основных элементов, как Si, Mn, Cr, W, а содержание углерода определялось химико-аналитическим методом для определения содержания углерода в слое наплавки производился отбор проб в соответствии с ГОСТ 7122-75.

Спектральный анализ элементов слоя по глубине наплавки проводился на образцах после вскрытия слоя эксцентричным шлифованием в 5мм на шлифовальном станке 3М-151В с использованием специального спектрографа с генератором возбуждения.

Результаты химического и спектрального анализов представлены в таблице 1.

Структура шейки вала после наплавки электродной проволокой Св-15ГСТЮЦА и стержнем-экраном из стали ХВГ представлена на рисунке 2 при увеличении макроструктуры в 2 раза и при 300 – кратном увеличении наплавленного слоя, зоны сплавления, термического влияния и основного металла стали 45 (рисунок 2).

Таблица 1 – Переход основных элементов материалов сварочной проволоки Св-15ГСТЮЦА и стержня – экрана из стали ХВГ в наплавленный слой

Материал наплавки	Среднее суммарное содержание элементов, %					Переход основных элементов наплавочных материалов в слое, %				
	в наплавочных материалах									
	в наплавленном слое									
Св-15ГСТЮЦА + сталь ВХГ	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>C</i>	<i>Cr</i>	<i>W</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>C</i>	<i>Cr</i>	<i>W</i>
		0,77	1,55	1,15	1,24	1,20	39,0	33,5	48,7	47,6
	0,30	0,52	0,56	0,59	0,65					

Фиксирование макроструктуры производили фотографированием, а микроструктуры предварительным травлением шлифов в 2 % растворе азотной кислоты в этиловом спирте при увеличении микроструктуры наплавленного слоя в 100 или 300 раз.

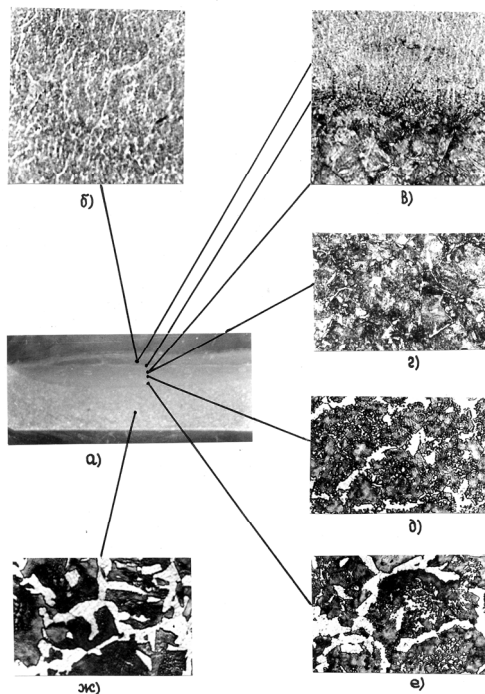


Рисунок 2 – Структура шейки вала после наплавки электродной проволокой Св-15ГСТЮЦА и торцевым роликом из стали ХВГ:  
а) макроструктура слоя вдоль оси детали, увеличение в 2 раза;  
б) микроструктура наплавленного слоя, увеличение в 300 раз;  
в) микроструктура зоны сплавления, увеличение в 300 раз;  
г), д), е) микроструктуры зоны термического влияния, увеличение в 300 раз;  
ж) микроструктура основного металла стали 45, увеличение в 300 раз.

Исследования темплетов наплавленных электродной проволокой Св-15ГСТЮЦА стержнем-экраном из стали ХВГ глубокой прокаливаемости, имеющем в своем составе такие элементы как хром вольфрам и другие в сочетании углеродом, способствуют получению слоя высокой твердости  $H_{\mu}^{100} = 613...824 \text{ кгс/мм}^2$ . При этом микроструктура состоит из мартенсита, троостомартенсита и тонкой ферритной сетки. Зона сплавления и термического влияния характеризуется пониженной твердостью  $H_{\mu}^{100} = 300...408 \text{ кгс/мм}^2$  и промежуточными превращениями.

Микроструктурный анализ указывает на качественное формирование наплавленного слоя по всей поверхности слоя и надежное сплавление слоя с основой детали глубиной проплавления в 1,0...1,5 мм. без существенных структурных изменений основы детали;

Список использованных источников

1. А.с. 1085115 СССР, в 23 к9/04 Способ электродуговой наплавки цилиндрических деталей / Дудник Ж.А., Большаков В.И.; Челябинский Ордена Трудового Красного Знамени институт механизации и электрификации сельского хозяйства – №3476347 / 25–27; заявл. 30.07.82. Зарег. в Гос. реестре изобретений СССР 8 декабря 1983 г. – 9 с.

2. Большаков, В.И. Восстановление шеек валов стальных и чугуновых деталей высокоскоростной электродуговой наплавкой / В.И. Большаков // Вестник Ижевской ГСХА. – 2014. – №1 (38) – С. 38–40.

3. Большаков, В.И. Определение угла распыла электродной проволоки при высоких скоростях наплавки / В.И. Большаков, С.Н. Шмыков, Д.И. Ваганов // Вестник Ижевской ГСХА. – 2022. – №1 (48) – С. 48–54.

4. Большаков, В.И. Особенности формирования структуры и свойств наплавленных слоев при высокоскоростной электродуговой наплавке / В.И. Большаков, А.Г. Ипатов, Д.И. Ваганов // Ремонт, восстановление, модернизация – 2022. – №6 – С. 26–31.

5. Ленивкин, В.А. Технологические свойства сварочной дуги в защитных газах / В.А. Левшин, Н.Г., Дюргерев, Х.Н., Сагиров. – М.: Машиностроение, 1989. – 264 с.

6. Патон, Б.Е. Некоторые особенности формирования швов при саврке с повышенной скоростью / Б.Е. Патон, С.Л. Мандельберг, Б.Г. Сидоренко // Автоматическая сварка. – 1971. – №8. – С. 1–6.

**Abstract.** Experimental studies of the fusion quality of the deposited layer with the base metal at a linear surfacing velocity of 0.8...1.1 m/s are performed. Spectral and chemical analyses of the deposited metal layers have been carried out.