

## Универсальная технология восстановления и упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин

Н.В. Титов, канд.техе. наук, доцент, (ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет», тел. 8(4862)43-19-79, e-mail: ogau@mail.ru)  
 А.В. Коломейченко, д-р техн.наук, проф., (ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет», ФГБНУ ГОСНИТИ, e-mail: kolom\_sasha@inbox.ru)

**Реферат.** В статье дается описание разработанной технологии восстановления и упрочнения карбовибродуговым методом (КВДУ) с использованием металлокерамических паст рабочих органов отечественных и зарубежных почвообрабатывающих машин. Предлагаемая технология универсальна и позволяет восстанавливать и упрочнять рабочие органы широкой номенклатуры практически без ограничения по их массе и конфигурации. По результатам проведенных исследований определены оптимальный состав и концентрация компонентов пасты, которая после КВДУ обеспечивает значительное повышение износостойкости упрочненных рабочих органов в эксплуатации. Использование предлагаемой универсальной технологии в производстве особенно актуально с позиций импорта замещения на рынке запасных частей.

**Ключевые слова:** рабочий орган, карбовибродуговое упрочнение, металлокерамическая паста, восстановление, упрочнение, износ, почвообрабатывающая машина, компенсирующий элемент.

Рабочие органы почвообрабатывающих машин (лемеха, долота, полевые доски, отвалы, стрельчатые и долотообразные лапы, гладкие и зубчатые диски и др.) при эксплуатации подвергаются интенсивному ударно-абразивному изнашиванию, и, как следствие, быстро теряют свою работоспособность (рис. 1, 2).

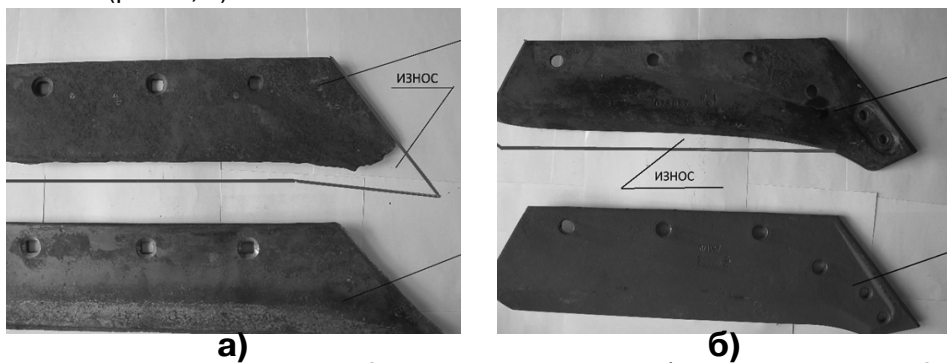


Рис. 1. Лемеха плугов ПЛН-3, 4, 5 (а) и Kverneland (б): 1 – изношенный; 2 – новый

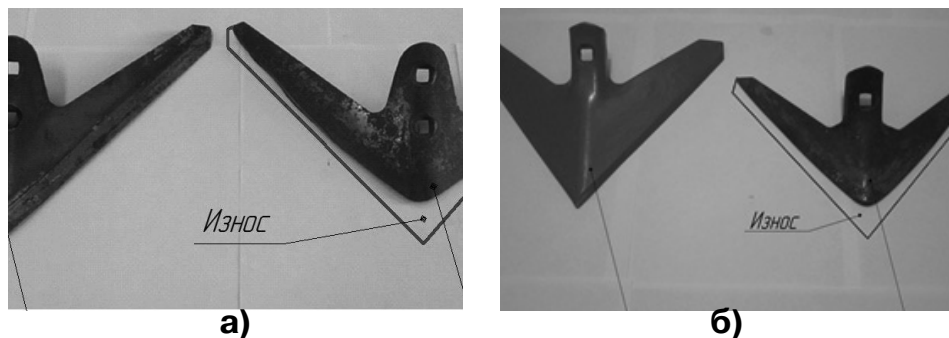


Рис. 2. Стрельчатые лапы культиваторов КПС-4Г (а) и Lemken Kompaktor (б):  
1 – изношенная; 2 – новая

Комплекс проведенных научных исследований позволил разработать и предложить ремонтному и машиностроительному производству технологию восстановления с упрочнением изношенных или упрочнения новых рабочих органов отечественных и зарубежных почвообрабатывающих машин, позволяющую существенно повысить их ресурс. Предлагаемая технология универсальна и позволяет восстанавливать и упрочнять рабочие органы широкой номенклатуры практически без ограничения по их массе и конфигурации. Ее реализация возможна как в стационарных условиях на специализированных предприятиях, занимающихся изготовлением или ремонтом техники, так и в небольших мастерских и даже в полевых условиях при наличии источника электрической энергии. Использование предлагаемой универсальной технологии в производстве особенно актуально с позиций импортозамещения на рынке запасных частей, а также введенных против Российской Федерации санкций и снижения покупательной способности из-за резкого роста курса валют. Новизна предлагаемой технологии подтверждена двумя патентами РФ на изобретения [1, 2].

Предлагаемая технология включает следующие основные операции (рис. 3): очистку и дефектацию рабочего органа, удаление изношенной режущей части, изготовление компенсирующего элемента и его заточку, с образованием режущей кромки, приваривание компенсирующего элемента, приготовление металлокерамической пасты и ее нанесение, КВДУ режущей кромки восстановленного рабочего органа. При упрочнении новых рабочих органов операции технологического процесса, связанные с изготовлением и привариванием компенсирующего элемента, не выполняются.

Очистку восстанавливаемого рабочего органа проводят с использованием синтетических моющих средств типа Лабомид или шлифовальных машин и стальных цеховых щеток. При дефектации используют штангенциркули типа ШЦ с точностью 0,1 мм и металлические измерительные линейки. Для удаления изношенной режущей части рабочего органа целесообразно использовать угловые шлифовальные машины и отрезные шлифовальные круги. Использование газопламенной резки при выполнении данной технологической операции нежелательно, так как может произойти деформация рабочего органа, а также выгорание легирующих элементов, углерода и изменение структуры исходного материала.

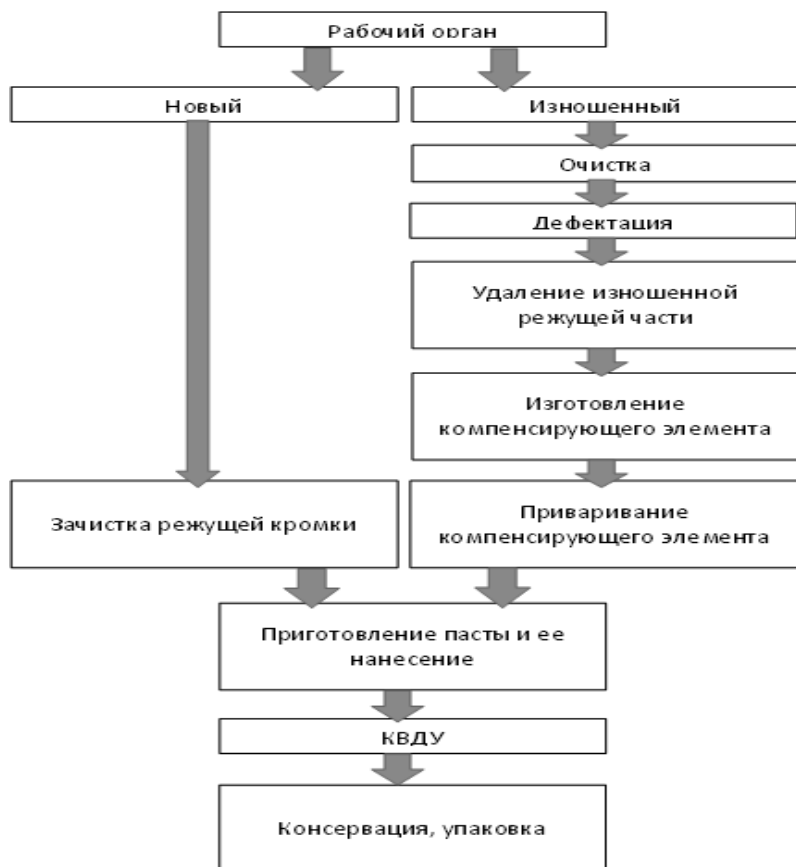


Рис. 3. Структурная схема технологического процесса восстановления и упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин

Компенсирующий элемент, предназначенный для компенсации износа режущей части рабочего органа, изготавливают из рессорной стали твердостью 35-40 HRC. В качестве материала для изготовления компенсирующего элемента можно использовать листы рессор, утратившие упругость, но имеющие твердость не ниже 35 HRC. Форма и размеры компенсирующего элемента в каждом конкретном случае определяются в зависимости от конфигурации и величины износа рабочего органа. Далее компенсирующий элемент затачивают под требуемым углом, с образованием режущей кромки на универсально-заточном станке.

Затем компенсирующий элемент приваривают к восстанавливаемому рабочему органу, используя при этом ручную электродугую сварку и электроды серии УОНИ диаметром 3 мм. Сила тока при сварке составляет 130-140 А, напряжение – 50-60 В. Приваривание компенсирующего элемента к восстанавливаемому рабочему органу перед его упрочнением способствует получению более качественного сварного соединения, что позволяет повысить долговечность восстановленных и упрочненных рабочих органов в эксплуатации.

После приваривания компенсирующий элемент подвергают КВДУ с использованием графитового электрода и композиционных металлокерамических паст. В состав паст входят: стальная матрица (наплавочный порошок), оксид алюминия  $Al_2O_3$ , карбид бора  $B_4C$ , являющиеся керамическими компонентами, а также вещества, содержащие азот (нитрат аммония  $NH_4NO_3$ , карбамид  $NH_2CONH_2$  и др.), и криолит  $Na_3AlF_6$ , улучшающий

стабильность и качество горения дуги [3-8]. Связующим веществом является 50% водный раствор клея ПВА. Пасту готовят механическим смешением входящих в ее состав компонентов. Затем наносят шпателем на режущую часть компенсирующего элемента и высушивают при температуре 90-95°C до затвердевания.

Для КВДУ используют установку ВДГУ-2, разработанную и производимую ФГБНУ ГОСНИТИ. Установка содержит инверторный источник тока на 200-250А, пульт управления и вибратор с закрепленным в нем графитовым электродом диаметром 6-8 мм [4, 8, 9]. При работе установки между графитовым электродом и упрочняемой поверхностью с нанесенным слоем пасты зажигают электрическую дугу, в результате чего на упрочняемой поверхности из элементов пасты образуется металлокерамическое покрытие. Одновременно с образованием покрытия происходит термодиффузионное насыщение металла рабочего органа углеродом вследствие сублимации графитового электрода и азотом при использовании в составе паст азотосодержащих компонентов. КВДУ осуществляют на следующих режимах: сила тока – 70-80 А, напряжение – 55-60 В, частота вибрации графитового электрода – 25-50 Гц. Вибрация графитового электрода позволяет получить более плотное и прочное металлокерамическое покрытие.

Предварительно проведенные исследования позволили установить, что каждый из компонентов пасты существенно влияет на толщину и физико-механические свойства получаемого при КВДУ металлокерамического покрытия [4, 6, 7]. В связи с этим были проведены исследования по уточнению состава и концентрации компонентов пасты, наиболее оптимальных для упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин. В качестве матрицы паст использовали порошок ПГ-ФБХ 6-2 ГОСТ 21448, производимый ОАО «Полема» (г. Тула). Выбор данного порошка в качестве матрицы обусловлен тем, что его используют для различных видов наплавки износостойких покрытий на детали машин металлургического, горнодобывающего и энергетического оборудования, дорожной и сельскохозяйственной техники, шнеков экструдеров и другого оборудования. Содержание керамических и легирующих компонентов в составе паст изменяли от 10 до 35%. Толщину нанесенного слоя пасты варьировали от 1,0 до 3,5 мм.

Проведенные исследования показали, что основное влияние на толщину упрочняющего металлокерамического покрытия, получаемого при КВДУ, оказывает толщина слоя наносимой пасты. При этом с ее увеличением толщина покрытия также возрастает. Однако увеличение слоя пасты более 3 мм нецелесообразно, т.к. в этом случае толщина металлокерамического покрытия не возрастает, а даже начинает уменьшаться. Это связано с тем, что при значительной толщине слоя пасты хуже зажигается и горит электрическая дуга.

С увеличением содержания матричного порошка в составе пасты толщина металлокерамического покрытия также возрастает. При этом наибольшую толщину покрытия – 0,9-1,0 мм (рис. 4) удалось получить на пастах, содержащих в своем составе карбид бора В<sub>4</sub>С, который обеспечивает наилучшее зажигание и горение дуги при КВДУ.

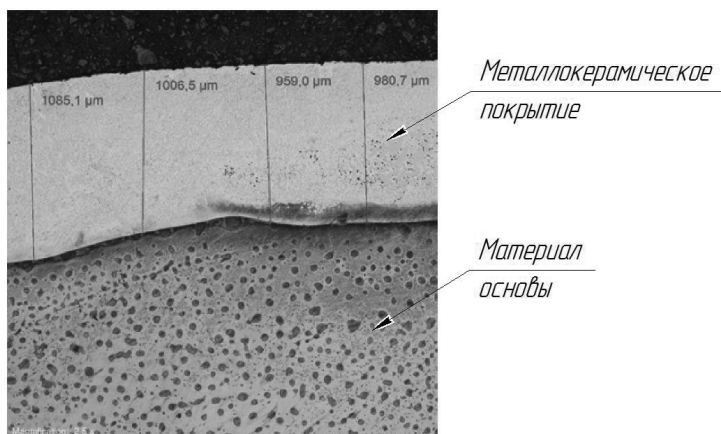


Рис. 4. Металлокерамического покрытие толщиной 0,9-1,0 мм, полученное при КВДУ с использованием пасты, содержащей карбид бора В4С

Основное влияние на микротвердость покрытий оказывают керамические компоненты пасты. При этом с увеличением их содержания в составе пасты микротвердость металлокерамического покрытия также возрастает. В то же время каждый из керамических компонентов оказывает различное влияние на микротвердость покрытия. Так, наибольшее среднее значение микротвердости 1062 HV (соответствует твердости 70 HRC) показали образцы, упрочненные с использованием пасты, содержащей в своем составе 30% карбида бора В4С. Полученные результаты хорошо согласуются с данными ранее выполненных работ [4, 6, 7] и могут быть объяснены тем, что при таком содержании В4С в составе пасты значительное его количество переходит и в состав металлокерамического покрытия. Пасты, содержащие в своем составе оксид алюминия  $Al_2O_3$ , показали более низкие значения микротвердости покрытий – в среднем 784 HV, что соответствует твердости 63 HRC. Это объясняется тем, что при наплавке в результате воздействия высокой температуры происходит частичное растворение  $Al_2O_3$  с соответствующим снижением твердости металлокерамического покрытия. Кроме этого, при наличии в составе пасты более 20% оксида алюминия хуже зажигается и горит дуга, что сказывается на качестве металлокерамических покрытий. При отсутствии в составе паст керамических компонентов микротвердость металлокерамических покрытий является самой низкой. Так, при использовании в составе паст нитрата аммония  $NH_4NO_3$  наибольшее значение микротвердости покрытия составляет лишь 664 HV, что соответствует твердости 59 HRC.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить, что наиболее оптимальной для упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин является паста, содержащая в своем составе 30% карбида бора. Результаты сравнительных испытаний на изнашивание упрочненных при помощи такой пасты и неупрочненных образцов из закаленной стали 65Г показали, что после упрочнения их износостойкость возрастает в среднем в 2,8 раза. В связи с этим использование пасты такого состава позволит значительно увеличить ресурс рабочих органов почвообрабатывающих машин, которые эксплуатируются в условиях прямого воздействия абразивных частиц.

Пример использования разработанной универсальной технологии для восстановления с последующим упрочнением лапы культиватора КШУ-12Н Грязинского культиваторного завода показан на рис. 5.

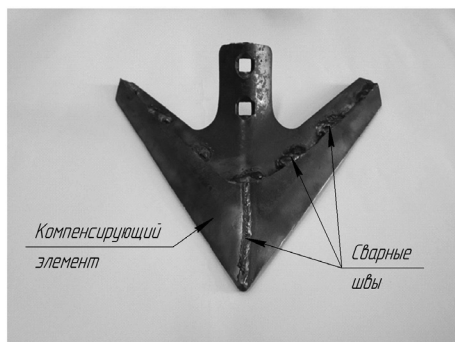


Рис. 5. Стрельчатая лапа культиватора КШУ-12Н, восстановленная и упрочненная по предлагаемой технологии

### Литература

1. Патент 2540316 Российская Федерация, МПК В23Р6/00, А01В15/04, В23К9/04. Способ восстановления лапы культиватора с одновременным упрочнением ее рабочей поверхности / Н.В. Титов, А.В. Коломейченко, Н.Н. Литовченко и др. Заявл. 08.07.2013; опубл. 10.02.2015, Бюл. № 4. – 5 с.
2. Патент 2549788 Российская Федерация, МПК В23Р6/00, В23К9/00, А01В15/02. Способ упрочняющего восстановления лемехов плугов / Н.В. Титов, А.В. Коломейченко. Заявл. 22.10.2013; опубл. 27.04.2015, Бюл. № 12. – 5 с.
3. Титов Н.В. Метод вибродуговой наплавки металлокерамики деталей техники, работающей в условиях абразивного износа / Н.В. Титов, Н.Н. Литовченко, В.Н. Коротков // Труды ГОСНИТИ. 2013. Т.111. Ч.2. С. 219-222.
4. Титов Н.В. Исследование твердости и износостойкости рабочих органов машин, упрочненных вибродуговой наплавкой с применением металлокерамических материалов / Н.В. Титов, А.В. Коломейченко, В.Н. Логачев и др. // Сварочное производство. 2014. №9. С. 33-36.
5. Титов, Н.В. К вопросу применения металлокерамических материалов для упрочнения лап культиваторов / Н.В. Титов, А.В. Коломейченко, В.В. Виноградов, Н.Н. Литовченко // Труды ГОСНИТИ, 2013.-Т.113. – С. 364-367.
6. Kolomeichenko A.V. INVESTIGATION OF HARDNESS OF TILLAGE TOOLS BEING HARDENED BY CARBO-VIBRO-ARC METHOD WITH PASTE APPLICATION / A.V. Kolomeichenko, N.V. Titov // Vestnik OrelGAU. 2014. №6(51). P. 96-101.
7. Коломейченко А.В. Влияние керамических компонентов пасты на твердость упрочненных карбовибродуговым методом поверхностей / А.В. Коломейченко, Н.В. Титов, В.В. Виноградов и др. // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т.118. С. 140-145.
8. Лялякин В.П. Карбовибродуговой метод упрочнения деталей машин, работающих в условиях абразивного износа, наплавкой металлокерамики (КВДНМК) / В.П. Лялякин, Н.В. Титов, Н.Н. Литовченко и др. // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т.114. С. 144-149.
9. Коломейченко А.В. Исследование технологических возможностей карбовибродугового метода упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин / А.В. Коломейченко, Н.В. Титов, Н.А. Кондрахин и др. // Техника и оборудование для села. 2015. №2. С. 24-26.

## Universal technology of restoration and Hardenings of working element of tillage tools

N.V. Titov, Cand.Tech.Sci.

e-mail: ogau@mail.ru),

A.V. Kolomejchenko, Doc.Tech.Sci., Professor

e-mail: kolom\_sasha@inbox.ru

**Annotaition.** *In article the description of the developed technology of restoration and hardening by a karbovibroarc hardening method (KVDU) with use of ceramic-metal pastes of working element of domestic and foreign tillage tools cars is given. The offered technology is universal and allows to restore and strengthen working element of the wide nomenclature practically without restriction on their weight and a configuration. By results of the conducted researches the optimum structure and concentration of components of paste which after KVDU provides substantial increase of wear resistance of the strengthened working element in operation are defined. Use of the offered universal technology in production is especially actual from import substitution positions in the market of spare parts.*

**Keywords:** *working element, karbovibroarc hardening, ceramic-metal paste, restoration, hardening, the wear, the soil-cultivating car, compensating an element.*