

ВЛИЯНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ПАСТЫ НА ТВЕРДОСТЬ УПРОЧНЕННЫХ КАРБОВИБРОДУГОВЫМ МЕТОДОМ ПОВЕРХНОСТЕЙ

*А.В. Коломейченко, докт. техн. наук, профессор
(ФГБОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет»,
тел. 8(4862)43-19-79, e-mail: kolom_sasha@inbox.ru),
Н.В. Титов, канд. техн. наук, доцент, В.В. Виноградов, аспирант
(ФГБОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет»,
тел. 8(4862)43-19-79, e-mail: ogau@mail.ru),
Н.Н. Литовченко, канд. техн. наук,
К.С. Поджарая, руководитель Наноцентра
(Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский технологический
институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка»
(ФГБНУ ГОСНИТИ) г. Москва, 1-й Институтский пр., д.1,
тел. 8(495)371-69-00, e-mail: valpal-1938@mail.ru)*

Работа посвящена упрочнению рабочих органов отечественной и зарубежной почвообрабатывающей техники (лемехи, долота, отвалы, стрельчатые лапы, диски). Показано, что использование изношенных рабочих органов приводит к снижению качества выполняемых полевых работ, нарушению агротехнических сроков их проведения, увеличению простоя техники, возрастанию затрат на обработку почвы. Предлагается для повышения износостойкости рабочих органов использовать современный инновационный метод карбовибродугового упрочнения с использованием графитного электрода и композиционных металлокерамических паст.

Изложена суть метода нанесения на режущую кромку рабочего органа пасты, состоящей из стальной матрицы (наплавочный порошок), керамического компонента и криолита. В качестве связующего вещества служит водный раствор клея ПВА. После высушивания слой пасты оплавлялся графитовым электродом. Выполнены исследования по выбору компонентов в состав пасты. В качестве матричного материала использовался порошок ПГ-10Н-01 и менялся процентный состав керамических компонентов, оксида алюминия и двуокиси кремния. Покрытия наносились на образцы из стали 65, по отработанной Наноцентре ГОСНИТИ методике готовились шлифы и определялась микротвердость покрытий по их глубине. Проведенные исследования показали, что с увеличением процентного содержания в пасте керамических компонентов от 10 до 30% микротвердость возрастает. Максимальное значение микротвердости покрытий составляет 991 HV, что соответствует твердости 69 HRC. Повышение твердости покрытий происходит за счет легирующих элементов, входящих в состав пасты и за счет диффузии вследствие сублимации графитного электрода. Установлен оптимальный состав пасты, состоящей из 30% оксида алюминия. Показано, что упрочненные рабочие органы с использованием разработанной технологии имеют износостойкость в 1,5-1,7 раза выше, чем неупрочненные.

***Ключевые слова:** карбовибродуговое упрочнение, металлокерамическая паста, термодиффузионное упрочнение, керамические компоненты, графитовый электрод.*

Рабочие органы отечественной и зарубежной почвообрабатывающей техники (лемеха, долота, полевые доски, отвалы, стрельчатые и долотообразные лапы, гладкие и зубчатые диски и др.) эксплуатируются в условиях прямого воздействия абразивных частиц, вследствие чего интенсивно изнашиваются, их режущие поверхности затупляются, происходит существенное изменение формы, профиля и рабочих размеров. Использование изношенных рабочих органов приводит к снижению качества выполняемых полевых работ, нарушению агротехнических сроков их проведения, увеличению простоев техники, возрастанию затрат на обработку почвы и горюче-смазочные материалы, уменьшению количества полученной товарной продукции.

Значительно повысить износостойкость рабочих органов почвообрабатывающей техники, эксплуатируемых в абразивной среде, позволяет современный инновационный метод карбовибродугового упрочнения (КВДУ) с использованием графитового электрода и композиционных металлокерамических паст. Сущность метода заключается в следующем. Вначале на режущую кромку рабочего органа наносится паста, которая высушивается до затвердевания. Затем между упрочняемой поверхностью с нанесенной пастой и графитовым электродом установки зажигается электрическая дуга. При ее горении происходит как наплавка металлокерамического покрытия из компонентов пасты, так и термодиффузионное насыщение металла рабочего органа легирующими элементами, входящими в состав пасты, и углеродом за счет его диффузии вследствие сублимации графитового электрода [1-6]. Применение при КВДУ металлокерамических материалов в виде паст обусловлено их очень высокой стойкостью к абразивному и коррозионно-механическому изнашиванию.

В состав паст входят стальная матрица (наплавочный порошок), керамические компоненты и криолит Na_3AlF_6 , улучшающий стабильность и качество горения дуги. Связующим веществом является 50% водный раствор клея ПВА. По соотношению физико-механических свойств и стоимости перспективными керамическими компонентами для паст являются оксид алюминия Al_2O_3 и двуокись кремния SiO_2 . В то же время их влияние на физико-механические свойства упрочненных поверхностей (прежде всего, твердость и износостойкость) пока еще остается не до конца изученными. В этой связи для определения оптимального состава и концентрации компонентов пасты нами были проведены соответствующие исследования. Путем механического смешения входящих в их состав компонентов были приготовлены пасты, содержащие вышеуказанные компоненты в различных процентных соотношениях. В качестве матричного материала использовался порошок ПГ-10Н-01. Содержание криолита Na_3AlF_6 во всех исследуемых пастах принималось равным 10% [2]. Пасты наносили на образцы, изготовленные из стали 65Г. Выбор данной марки стали обусловлен тем, что из нее изготавливают большинство рабочих органов почвообрабатывающей и другой техники, работающих в условиях абразивного изнашивания. Толщина нанесенного слоя пасты составляла 2,5-3,0 мм. Далее пасты высушивали при температуре 90-95°C до затвердевания. Продолжительность отверждения обычно не превышала 8-10 мин.

Для КВДУ использовали установку ВДГУ-2, которая разработана и производится в ФГБНУ ГОСНИТИ. Упрочнение образцов выполняли на следующих режимах: сила тока $I=70-80$ А, напряжение $U=60$ В, частота вибрации графитового электрода – 25 Гц. Толщина наплавленного покрытия составляла в среднем 0,8 мм.

Для определения микротвердости наплавленных образцов поперечные шлифы готовили следующим образом. Вначале образец отрезался на высокоточном отрезном станке «Minitom Struerus». Далее он помещался в автоматический электрогидравлический пресс «CitoPress-1 Struerus», где запрессовывался в смолу. Готовый диск с образцом полировался на шлифовально-полиро-

вальном станке «LaboPol-5 Struerus» с использованием эмульсий до зеркального блеска [2]. Микротвердость наплавленного покрытия и упрочненного основного металла образцов определяли с использованием компьютеризированного микротвердомера КМТ-1 по методу Виккерса при нагрузке $F=1\text{Н}$ и времени выдержки $t=15\text{ с}$. Количество измерений принималось таким, чтобы обеспечить требуемую достоверность полученных результатов.

Результаты исследований по определению микротвердости упрочняющих покрытий, наплавленных на образцы, представлены на рис. 1 и 2.

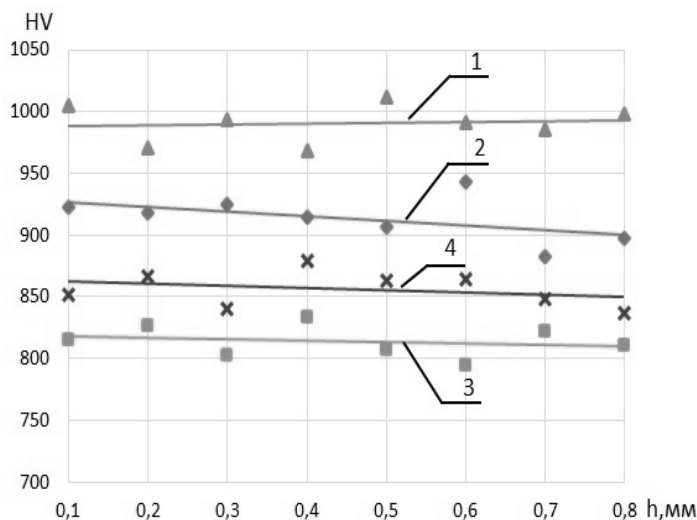


Рис. 1. Изменение микротвердости HV наплавленного покрытия по глубине h в зависимости от содержания в пасте оксида алюминия Al_2O_3 : 1 – Al_2O_3 - 30%; 2 – Al_2O_3 - 20%; 3 – Al_2O_3 - 10%; 4 – Al_2O_3 - 35%

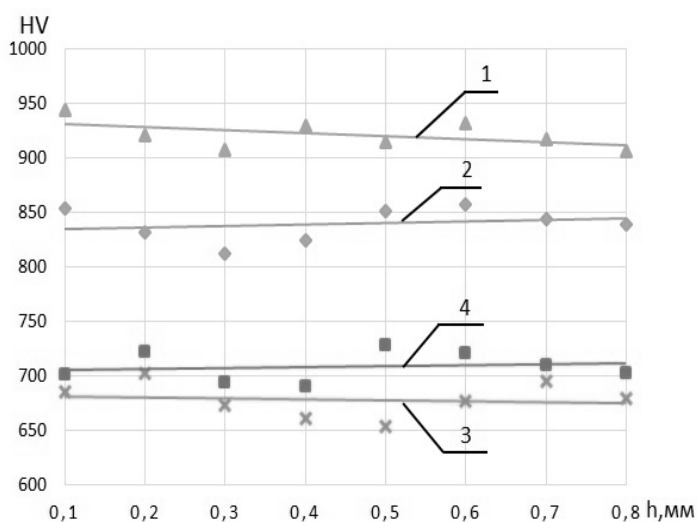


Рис. 2. Изменение микротвердости HV наплавленного покрытия по глубине h в зависимости от содержания в пасте двуоксида кремния SiO_2 : 1 – SiO_2 - 30%; 2 – SiO_2 - 20%; 3 – SiO_2 - 10%; 4 – SiO_2 - 35%

Анализ полученных данных показал, что с увеличением процентного содержания в пасте керамических компонентов от 10 до 30% микротвердость наплавленного покрытия также возрастает вне зависимости от того, какой керамический компонент используется. При этом наибольшее среднее значение микротвердости (991 HV, что соответствует твердости 69 HRC) показали образцы, упрочненные с использованием пасты, содержащей в своем составе 30% оксида алюминия Al_2O_3 (рис. 1, кривая 1). Твердость полученного покрытия в среднем в 1,3-1,4 раза превышает твердость закаленной стали 65Г, из которой изготавливают большинство серийно выпускаемых рабочих органов. Паста, содержащая в своем составе 30% двуоксида кремния SiO_2 , показала более низкие значения микротвердости покрытий – в среднем 922 HV, что соответствует твердости 66 HRC (рис. 2, кривая 1). Более низкие значения твердости при использовании данной пасты могут быть объяснены тем, что при наплавке в результате воздействия высоких температур дуги происходит частичное растворение SiO_2 с соответствующим снижением твердости покрытия.

Проведенные исследования также показали, что увеличение в составе паст керамических компонентов более 30% не приводит к еще большему возрастанию твердости наплавленного покрытия. Это объясняется тем, что в этом случае при КВДУ гораздо хуже зажигается и горит электрическая дуга, из-за чего снижаются сплошность, качество и толщина упрочняющего покрытия.

Результаты исследований по определению микротвердости основного металла образцов после их упрочнения представлены на рис. 3.

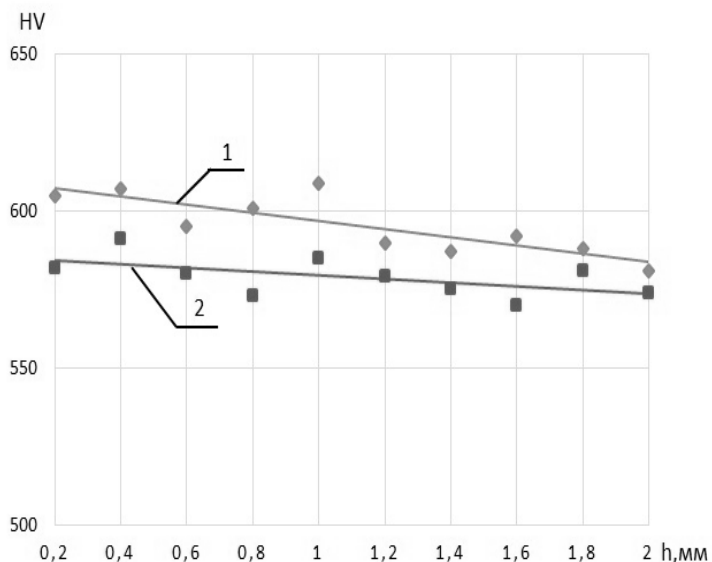


Рис. 3. Изменение микротвердости HV основного металла по глубине h после упрочнения в зависимости от используемых в пасте керамических компонентов: 1 – Al_2O_3 - 30%; 2 – SiO_2 - 30%

Анализ полученных данных показал, что микротвердость основного металла образцов после их упрочнения пастами, содержащими как оксид алюминия Al_2O_3 , так и двуокись кремния SiO_2 , оказалась примерно одинаковой – в среднем 586 HV или 54 HRC. Расхождение значений микротвердости составило не более 18-20 HV.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить, что оптимальной для упрочнения рабочих органов почвообрабатывающей техники, эксплуатируемых в абразивной среде, является паста, содержащая 30% оксида алюминия. Результаты сравнительных испытаний образцов после упрочне-

ния такой пастой и неупрочненных образцов из закаленной стали 65Г показали, что износостойкость после упрочнения возрастает в 1,5-1,7 раза. Поэтому использование пасты такого состава должно позволить существенно увеличить ресурс рабочих органов почвообрабатывающей техники и тем самым повысить их надежность.

Литература

1. *Лялякин, В.П.* Состояние и перспектива упрочнения и восстановления деталей почвообрабатывающих машин сварочно-наплавочными методами / В. П. Лялякин, С. А. Соловьев, В. Ф. Аулов // Труды ГОСНИТИ, 2014.-Т. 115. – С. 96-104.
2. *Titov, N.V.* Innovative method of tillage tool hardening / N.V. Titov, A.V. Kolomeichenko, N.N. Litovchenko // Vestnik OrelGAU. – 2014. - №2(47). – P. 42-48.
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. *Литовченко, Н.Н.* Электровибродуговое упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин металлокерамическими материалами / Н. Н. Литовченко, Н. В. Титов, А. В. Коломейченко // Тракторы и сельхозмашины. 2013. -№ 2. – С. 49-50.
5. *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, Р.С. Ничипоренко // Труды ГОСНИТИ, 2014.-Т.114. – С. 144-149.
6. *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.
7. *Литовченко, Н.Н.* Упрочнение рабочих органов машин, работающих в абразиве / Н. Н. Литовченко, Н.В. Титов, А.В. Коломейченко и др. // Труды ГОСНИТИ, 2013.-Т.111.-Ч.2. – С. 86-88.

References

1. *Lialiakin V.P.* Sostoyaniye i perspektiva uprochneniya i vosstanovleniya detalei pochvoobrabatyvayushikh mashin svarochno-naplavochnymi metodami [The current state and future possibilities of reinforcement and reconstruction of tillers using regular and overlay welding methods] / V.P. Lialiakin, S.A. Solovyev, V.F. Aulov // Trudy GOSNITI [Works of GOSNITI], 2014.Vol. 115. – pp. 96-104. (Russian)
2. *Titov, N. V.* Innovative method of tillage tool hardening / N. V. Titov, A. V. Kolomeichenko, N. N. Litovchenko // Vestnik OrelGAU. – 2014. - №2(47). – P. 42-48.
3. *Titov N.V.* Metod vibrodugovoi naplavki metallokeramiki detalei tekhniki, rabotayushei v usloviyakh abrazivnogo iznosa [Method of short-circuited arc surfacing of metal-ceramics of equipment parts, that work in abrasive wear conditions] / N.V. Titov, N.N. Litovchenko, V.N. Korotkov // Trudy GOSNITI [Works of GOSNITI], 2013.Vol.111.Part.2. – pp. 219-222. (Russian)
4. *Litovchenko N.N.* Elektrovibrodugovoye uprochneniye rabochikh organov pochvoobrabatyvayushikh mashin metallokeramicheskimi materialami [Short-circuit arc strengthening of the working parts of tillers using metal-ceramic materials] / N.N. Litovchenko, N.V. Titov, A.V. Kolomeichenko // Traktory i sel'khoz mashiny. 2013. Issue 2. – pp. 49-50. (Russian)
5. *Lialiakin V.P.* Karbovibrodugovoy metod uprochneniya detaley mashin, rabotayushikh v usloviyakh abrazivnogo iznosa, naplavkoi metallokeramiki (KVDNMK) [Carbon short-circuit arc method for the strengthening of machine parts, which work in conditions of high abrasive wear, using metal-

ceramics (CSCAMC – carbon short-circuit application of metal-ceramics)]/ V.P. Lialiakin, N.V. Titov, N.N. Litovchenko, R.S. Nichiporenko // Trudy GOSNITI [Works of GOSNITI] 2014.-Vol.114. – pp. 144-149. (Russian)

6. Titov, N.V. K voprosu primeneniya metallokeramicheskikh materialov dlja uprochneniya lap kul'tivatorov [On the question of use of metal-ceramic materials for strengthening cultivator blades] / N. V. Titov, A.V. Kolomeichenko, V.V. Vinogradov, N.N. Litovchenko // Trudy GOSNITI [Works of GOSNITI], 2013. Vol.113. – pp. 364-367.

7. Litovchenko, N.N. Uprochneniye rabochikh organov mashin, rabotayushikh v abrasivnye [Strengthening the working parts of machines which work in abrasive conditions] / N.N. Litovchenko, N.V. Titov, A.V. Kolomeichenko *et al.* // Trudy GOSNITI [Works of GOSNITI], 2013.Vol.111.Part.2. – pp. 86-88. (Russian)

THE INFLUENCE OF CERAMIC COMPONENTS IN PASTES ON THE RIGIDITY OF SURFACES, STRENGTHENED USING THE CARBON SHORT-Circuit ARC METHOD

*A.V. Kolomeichenko, Doctor of Technical Sciences, Professor,
(Federal State Budget Educational Institution Orlov State Agrarian University,
tel.: +7-4862-43-19-79, email: kolom_sasha@inbox.ru),*

*N.V. Titov, Candidate of Technical Sciences, assistant Professor,
V.V. Vinogradov, PhD student*

*(Federal State Budget Educational Institution Orlov State Agrarian University,
tel.: +7-4862-43-19-79, email: ogau@mail.ru),*

K.S. Podzharaya, Nanocentre Manager

*Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Scientific Research
Technological Institute of Repair and Exploitation of the Machine and Tractor Fleet
(FSBSI GOSNITI), Moscow, 1-st Institutskiy Lane, 1
Tel.: +7-495-371-69-00, email: valpal-1938@mail.ru)*

This paper is dedicated to the strengthening of working parts of domestic and imported tillage machines (tusks, chisels, shellboards, A blades, plate feeds). It has been shown that the use of worn working parts results in the lowering of the quality of field work, disturbance to the agrotechnical timelines for the work to be carried out to, increasing machinery down time, increasing the costs of soil cultivation. It is suggested that for the increase of durability of parts the method of carbon short-circuit arc strengthening is applied, with the use of graphite electrodes and composite metal and ceramic pastes. The process of administering to the cutting edge of the working part of paste is explained, which is composed of a steel matrix (the welding powder), the ceramic component and cryolite. The binding agent is a water-diffused PVA glue. After drying the layer of paste is melted with the graphite electrode. Research was carried out into the components for the paste. The powder PG-10N-01 was used as the matrix material and the percentile concentration of ceramic components, aluminium oxide and silicon dioxide was varied. The coatings were administered onto steel 65. Cross sections were created and tested for strength by their thickness using a method developed at the GOSNITI Nanocentre. The research showed that with the increase of ceramic components in the paste from 10 to 30 %, the micro-hardness increased. The maximum value of micro-hardness was found to be 991HV, which corresponds to the hardness of 69 HRC. Increasing the strength of the coating occurs through the alloying elements contained in the paste and through the sublimation of the graphite electrode. The optimal composition of paste was defined, containing 30% aluminium oxide. It has been shown that working parts strengthened through this method are 1.5 to 1.7 times more durable than those not strengthened.

Keywords: *carbon short-circuit arc strengthening, metal ceramic paste, thermomdiffusion strengthening, ceramic components, graphite electrode.*