

Тип статьи: научная
УДК 631.312
DOI: 10.35887/2305-2538-2024-2-70-76

ОСОБЕННОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ ВОССТАНОВЛЕННЫХ С ПОСЛЕДУЮЩИМ УПРОЧНЕНИЕМ КВДУ ЛЕМЕХОВ ОБОРОТНЫХ ПЛУГОВ

Николай Владимирович Титов

Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, г. Орел, Российская Федерация, ogau@mail.ru

Реферат. *Широкое использование плугов зарубежных производителей привело к необходимости разработки технологии восстановления с последующим упрочнением сменных деталей их рабочих органов, в частности, лемехов, из-за их интенсивного изнашивания. Ситуация усугубляется тем, что в настоящее время имеют место значительные перебои в поставках запасных частей к зарубежной почвообрабатывающей технике и существенный рост их стоимости. Существующие технологии восстановления деталей данного типа не обеспечивают их высокий ресурс, в связи с чем требуют своего совершенствования. В данной работе исследовали особенности изнашивания лемехов оборотных плугов, восстановленных с использованием компенсирующих износ элементов с последующим их карбовибродуговым упрочнением (КВДУ). Производственные испытания проводили с использованием лемехов оборотного плуга EurOpal компании Lemken при вспашке средне- и тяжелосуглинистых почв. В качестве материала компенсирующего элемента использовали листы рессор из стали 65Г, утратившие свою упругость. При КВДУ использовали многокомпонентную пасту, содержащую 65% матричного порошка ПР-Х30СРНДЮ, 25% карбида бора и 10% криолита. Специфику износов режущих поверхностей лемехов по ширине изучали в трех сечениях. Проведенные производственные испытания позволили установить, что нарастание износов режущих поверхностей как серийных лемехов в состоянии поставки, так и восстановленных с последующим упрочнением КВДУ с увеличением их наработки подчиняется прямолинейной зависимости. Наибольшие износы независимо от наработки лемеха имеют в области пятки, наименьшие – вблизи зоны крепления долота. Восстановление исследуемых лемехов с последующим упрочнением КВДУ с тыльной стороны позволяет повысить их наработку до 76 га, что в среднем в 1,8 раза выше, чем у серийных лемехов в состоянии поставки. Использование предлагаемой технологии будет способствовать решению проблемы ресурсосбережения и импортозамещения.*

Ключевые слова: *лемех плуга, износ, восстановление, карбовибродуговое упрочнение, компенсирующий элемент, производственные испытания, наработка, импортозамещение.*

FEATURES OF WEAR OF PLOWS RESTORED WITH SUBSEQUENT STRENGTHENING OF CVAH REVOLVABLE PLOWS

Nikolai Titov

Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Orel, Russian Federation, ogau@mail.ru

Abstract. *The widespread use of plows from foreign manufacturers has led to the need to develop a restoration technology with subsequent hardening of replacement parts of their working bodies, in particular plowshares, due to their intensive wear. The situation is aggravated by the fact that there are currently significant interruptions in the supply of spare parts for foreign tillage equipment and a significant increase in their cost. Existing technologies for restoring parts of this type do not provide them with a high service life, and therefore require improvement. The wear features of reversible plow shares restored using wear-compensating elements followed by carbide-arc hardening (CAH) were studied in this work. Production tests were carried out using the shares of the Lemken EurOpal reversible*

plow when plowing medium and heavy loamy soils. Spring sheets made of steel 65G, which had lost their elasticity, were used as the material of the compensating element. A multicomponent paste containing 65% matrix powder PR-Kh30SRNDYu, 25% boron carbide and 10% cryolite was used for CAH. The specific wear of the cutting surfaces of plowshares along the width was studied in three sections. The production tests carried out made it possible to establish that the increase in wear of the cutting surfaces of both serial shares in the delivery state and those restored with subsequent hardening of the high-pressure unit with an increase in their operating time is subject to a linear relationship. The greatest wear, regardless of the operating time of the ploughshare, is in the heel area, the least wear is near the bit attachment area. Restoring the studied shares with subsequent CAH on the rear side makes it possible to increase their operating time to 76 hectares, which is on average 1.8 times higher than that of serial shares in the delivered state. The use of the proposed technology will help solve the problem of resource conservation and import substitution.

Keywords: *plow share, wear, restoration, carbo-vibro-arc hardening, compensating element, production tests, operating time, import substitution.*

Для цитирования: Титов Н.В. Особенности изнашивания восстановленных с последующим упрочнением КВДУ лемехов оборотных плугов // Наука в Центральной России. 2024. Т. 68, № 2. С. 71-77. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-2-70-76>.

For citation: Titov N. Features of wear of plashes restored with subsequent strengthening of CVAN revolvable plows. *Nauka v central'noj Rossii = Science in the Central Russia*: 2024; 68(2): 70-76. (In Russ.) <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-2-70-76>.

Введение. Лемеха плугов работают в условиях прямого воздействия абразивных частиц, в связи с чем интенсивно изнашиваются [1-3]. Использование на полях хозяйств Российской Федерации большого количества зарубежных плугов, в основном оборотных, и введенные против нашей страны санкции, обусловившие перебои с поставками запасных частей к зарубежной технике и значительное повышение их стоимости, привели к необходимости разработки технологии восстановления деталей данного типа.

Проведенный анализ литературных источников [4, 5] и собственные исследования [6, 7] позволили установить, что перспективной технологией восстановления лемехов плугов с учетом значительных величин износов их режущих поверхностей является технология компенсирующих элементов (КЭ), которые приваривают взамен предельно изношенной режущей части лемеха. В качестве материала КЭ чаще всего используют пластины из сталей 65Г, 55ГА, 60С2, которые подвергают термоупрочнению на твердость 40...45 HRC. Также возможно использование листов рессор, изготовленных из вышеуказанных материалов, потерявших при эксплуатации свою упругость, но имеющие твердость в вышеуказанных пределах. В то же время применение данной технологии, даже при использовании операции термоупрочнения КЭ, не позволяет существенно повысить ресурс восстановленных деталей.

Перспективным способом повышения ресурса рабочих органов в настоящее время является карбовибродуговое упрочнение (КВДУ). При использовании данного способа на упрочняемой поверхности рабочего органа электрической дугой расплавляется нанесенная на эту поверхность и высушенная многокомпонентная паста, в результате чего образуется металлокерамическое покрытие. Теоретические и технологические особенности технологии КВДУ подробно рассмотрены в работах [8-10].

Вместе с тем, пока еще отсутствуют сведения о работе восстановленных с последующим упрочнением КВДУ лемехов зарубежных оборотных плугов. Это обусловило необходимость проведения их производственных испытаний в условиях реальной эксплуатации с целью выявления их эксплуатационных возможностей.

Материалы и методы. При проведении исследований использовались лемеха компании Lemken, т.к. плуги данной компании являются одними из наиболее широко используемых на полях хозяйств нашей страны. В качестве материала КЭ при восстановлении лемехов использовали листы рессор, изготовленные из стали 65Г, утратившие свои упругие свойства. Для приваривания КЭ применяли ручную электродуговую сварку и электроды типа МР-3 диаметром 4

мм, имеющие стержень из малоуглеродистой стали. Их использование позволяет получить относительно невысокие значения остаточных напряжений. Сила тока при сварке составляла 160...170 А.

Для упрочнения режущих поверхностей приваренных КЭ была подготовлена многокомпонентная паста, содержащая 65% матричного порошка ПР-Х30СРНДЮ, 25% карбида бора и 10% криолита. Данный выбор обусловлен результатами проведенных лабораторных испытаний на изнашивание металлокерамических покрытий, полученных при КВДУ с использованием многокомпонентных паст различного состава [10]. Паста готовилась смешением указанных компонентов механическим способом с добавлением клея ПВА-М (связующего вещества). После нанесения паста высушивалась до затвердевания и расплавлялась с использованием угольного электрода установки ВДГУ-2 на следующих режимах: сила тока $I=70...80$ А, частота и амплитуда вибрации угольного электрода – 25 Гц и 1,1 мм соответственно.

При проведении производственных испытаний использовался пахотный агрегат, состоящий из трактора John Deere 6155М и навесного оборотного плуга EurOpal компании Lemken, лемеха которого были восстановлены привариванием КЭ с последующим их упрочнением КВДУ с тыльной стороны (рисунок 1). Скорость движения при вспашке составляла 8...9 км/ч. Производственные испытания проводились в период осенней вспашки на суглинистых почвах, преимущественно средне- и тяжелосуглинистых. Техническое состояние плуга соответствовало установленным нормативно-технической документацией требованиям. Все экспериментальные лемеха проходили испытания совместно с новыми лемехами в состоянии поставки.



Рисунок 1 – Лемех плуга EurOpal, восстановленный привариванием КЭ с последующим его упрочнением КВДУ с тыльной стороны

За критерий износа лемехов принималась потеря ширины лемеха, которая определялась как разность значений ширины до его эксплуатации и после определенной наработки (в среднем 5 га). По рекомендациям [11-13] измерения износов лемехов проводились по сечениям L_1 , L_2 , L_3 , проходящим через их крепежные отверстия (рисунок 2). Сечение L_1 соответствовало третьему крепежному отверстию (область пятки), сечение L_2 – второму отверстию, сечение L_3 – первому крепежному отверстию (зона крепления долота). Испытания прекращались по достижении износа лемеха по ширине, составляющего 45 мм.

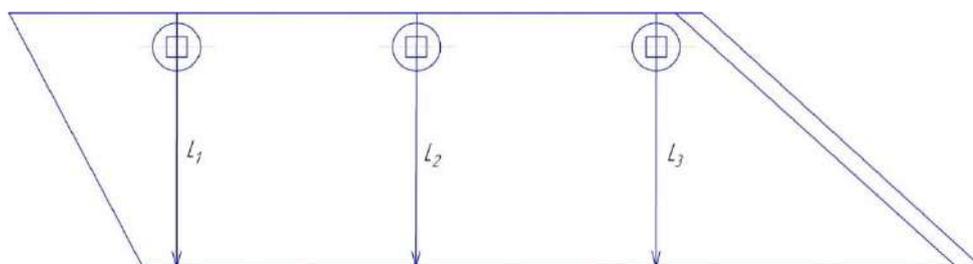


Рисунок 2 – Схема измерения линейных размеров лемехов оборотного плуга EurOpal компании Lemken

Результаты и их обсуждение. Проведенные производственные испытания лемехов плуга EurOral показали, что зависимость износа их режущих поверхностей по ширине от наработки является прямопропорциональной во всех рассматриваемых сечениях. При этом было установлено, что наибольший износ независимо от наработки имеет область пятки в сечении третьего крепежного отверстия. Это может быть объяснено наиболее высоким давлением почвы при вспашке на данную область лемехов. Полученные данные согласуются с исследованиями ведущих ученых, занимающихся вопросами восстановления и упрочнения лемехов плугов различными способами и проведением их производственных испытаний [1, 5, 12, 13].

На рисунке 3 представлена зависимость износа по ширине лемехов навесного плуга EurOral в области пятки от наработки. Проведенными испытаниями установлено, что лемеха в состоянии поставки достигают своего предельного состояния (износ по ширине в области пятки 45 мм) и требуют замены при наработке в среднем 42 га (рисунок 3, линия 1). В то же время лемеха, восстановленные и упрочненные КВДУ с тыльной стороны, при аналогичной наработке имеют износ в рассматриваемой зоне около 25 мм, что в среднем в 1,8 раза ниже, чем у лемехов в состоянии поставки. До наступления предельного состояния восстановленные и упрочненные КВДУ лемеха набирают в среднем 76 га (рисунок 3, линия 2).

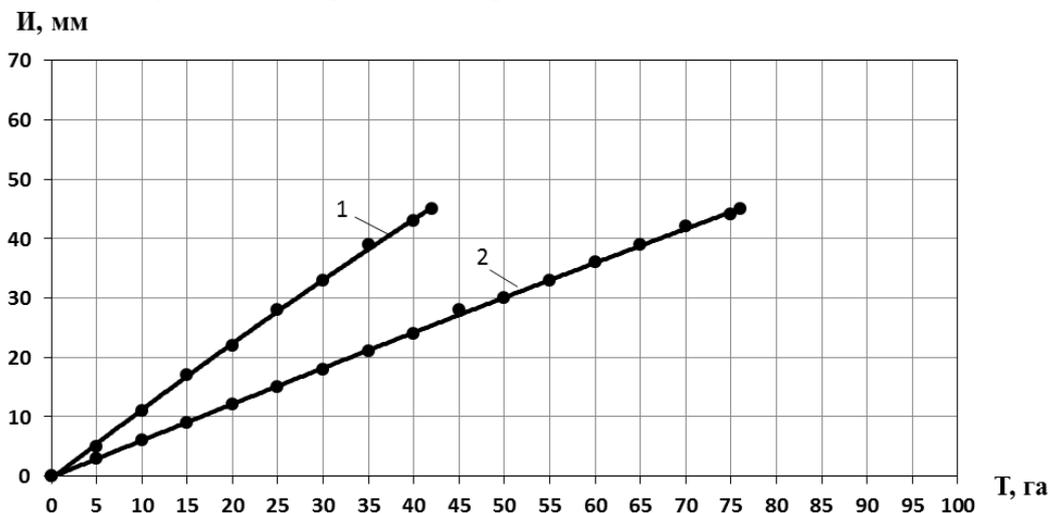


Рисунок 3 – Зависимость износа режущих поверхностей лемехов плуга EurOral по ширине в области пятки от наработки: 1 – лемех в состоянии поставки; 2 – лемех, восстановленный с последующим упрочнением КВДУ

Проведенными испытаниями также было установлено, что износы режущих поверхностей лемехов плуга EurOral по ширине в сечениях первого и второго крепежных отверстий имеют более низкие значения, чем в области пятки. Минимальные значения износов соответствуют сечению первого крепежного отверстия. Для лемехов в состоянии поставки величина износа в данном сечении в среднем составляет 34 мм, у лемехов, восстановленных с последующим упрочнением КВДУ – 16 мм. Такое распределение износов связано с возникновением так называемой «мертвой» зоны, где соприкосновение режущей поверхности лемеха и почвенной массы является минимальным из возможных. В то же время в вышеуказанной зоне возможно возникновение лучевидного износа из-за специфической траектории перемещения почвенной массы.

На рисунке 4 представлены фотографии лемехов в процессе проведения их производственных испытаний. Из представленных фотографий наглядно видна разница в износах лемеха в состоянии поставки при предельной наработке и восстановленного с последующим упрочнением КВДУ лемеха при аналогичной наработке.



а)



б)

Рисунок 4 – Лемеха оборотного плуга EurOral после проведенных производственных испытаний: в состоянии поставки (а) после предельной наработки и восстановленный с последующим упрочнением КВДУ (б) после аналогичной наработки

Заключение. Таким образом, проведенные производственные испытания показали, что основным критерием предельного состояния лемехов навесных оборотных плугов EurOral компании Lemken является износ их режущей поверхности по ширине в области пятки. Износ лемехов при увеличении наработки нарастает прямопропорционально. При этом восстановление исследуемых лемехов методом КЭ с последующим упрочнением КВДУ с тыльной стороны позволяет повысить их наработку на суглинистых почвах до 76 га, что в среднем в 1,8 раза выше, чем у лемехов в состоянии поставки. Использование предлагаемой технологии в производстве будет способствовать решению проблемы ресурсосбережения и импортозамещения.

Список источников

1. Новиков В.С. Обеспечение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин: монография. М.: ИНФРА-М, 2019. 155 с.
2. Лялякин В.П., Соловьев С.А., Аулов В.Ф. Состояние и перспектива упрочнения и восстановления деталей почвообрабатывающих машин сварочно-наплавочными методами // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 115. С. 96-104.
3. Ткачев В.Н. Работоспособность деталей машин в условиях абразивного изнашивания. М.: Машиностроение, 1995. 336 с.
4. Казанцев С.П., Михальченкова М.А., Поджарая К.С. Упрочняющие технологии восстановления и изготовления деталей почвообрабатывающих машин применением компенсирующих элементов и их преимущества // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 116. С. 102-107.
5. Михальченков А.М., Гуцан А.А., Феськов С.А. Импортозамещение при восстановлении составных лемехов с использованием утилизированных материалов // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 4 (98). С. 46-52.
6. Патент 2549788. Способ упрочняющего восстановления лемехов плугов / Н.В. Титов, А.В. Коломейченко. Бюл. 2015. № 12.

7. Титов Н.В., Коломейченко А.В. Универсальная технология восстановления и упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 121. С. 291-297.
8. Титов Н.В., Коломейченко А.В., Логачев В.Н. и др. Технология карбовибродугового упрочнения и целесообразность её использования в агропромышленном комплексе // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2022. №1 (33). С. 117-124.
9. Адигамов Н.Р., Гималтдинов И.Х., Галиев И.Г. и др. Обработка результатов экспериментальных исследований использования технологий комплексного микроплазменного упрочнения рабочих органов и деталей сельскохозяйственных машин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. Т. 18. № 3 (71). С. 68-75.
10. Титов Н.В., Коломейченко А.В., Логачев В.Н. Повышение ресурса рабочих органов машин, эксплуатируемых в абразивной среде, способом карбовибродугового упрочнения // Технический сервис машин. 2023. № 4 (153). С. 97-102. DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-4-97-102.
11. Михальченков А.М., Шустов А.Ф. Особенности изнашивания и ресурс восстановленных импортных составных лемехов при пахоте на супесчаных почвах // Техника и оборудование для села. 2017. № 11. С. 37-40.
12. Феськов С.А., Бирюлин А.А., Лузик В.М. и др. Износы составных лемехов плугов на примере компании "ФОГЕЛЬ И НООТ" // Труды инженерно-технологического факультета Брянского государственного аграрного университета. 2021. № 1. С. 110-129.
13. Михальченков А.М., Гуцан А.А., Козарез И.В. Износостойкость и ресурс восстановленных и упрочненных двухсторонним наплавочным армированием составных лемехов // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4 (92). С. 65-70. DOI 10.52691/2500-2651-2022-92-4-65-70.

References

1. Novikov V.S. Ensuring the durability of working bodies of soil-cultivating machines: monograph. M.: INFRA-M, 2019. 155 p.
2. Lyalyakin V.P., Solovyov S.A., Aulov V.F. State and prospects of strengthening and restoration of parts of soil-cultivating machines using welding and surfacing methods // Proceedings of GOSNITI. 2014. T. 115. pp. 96-104.
3. Tkachev V.N. Performance of machine parts under conditions of abrasive wear. M.: Mechanical Engineering, 1995. 336 p.
4. Kazantsev S.P., Mikhalkhenkova M.A., Podzharaya K.S. Strengthening technologies for the restoration and manufacture of parts for tillage machines using compensating elements and their advantages // Proceedings of GOSNITI. 2014. T. 116. pp. 102-107.
5. Mikhalkhenkov A.M., Gutsan A.A., Feskov S.A. Import substitution in the restoration of composite shares using recycled materials // Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2023. No. 4 (98). pp. 46-52.
6. Patent 2549788. Method for strengthening restoration of plow shares / N.V. Titov, A.V. Kolomeichenko. Bull. 2015. No. 12.
7. Titov N.V., Kolomeichenko A.V. Universal technology for restoration and strengthening of working bodies of tillage machines // Proceedings of GOSNITI. 2015. T. 121. pp. 291-297.
8. Titov N.V., Kolomeichenko A.V., Logachev V.N. and others. Technology of carbide-arc hardening and the feasibility of its use in the agro-industrial complex // Innovations in the agro-industrial complex: problems and prospects. 2022. No. 1 (33). pp. 117-124.
9. Adigamov N.R., Gimaltdinov I.Kh., Galiev I.G. etc. Processing the results of experimental studies of the use of technologies for complex microplasma hardening of working bodies and parts of agricultural machines // Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2023. T. 18. No. 3 (71). pp. 68-75.
10. Titov N.V., Kolomeichenko A.V., Logachev V.N. Increasing the service life of working parts of machines operated in an abrasive environment using the method of carbide-arc hardening // Technical service of machines. 2023. No. 4 (153). pp. 97-102. DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-4-97-102.
11. Mikhalkhenkov A.M., Shustov A.F. Peculiarities of wear and service life of restored imported composite ploughshares when plowing on sandy loam soils // Equipment and equipment for rural areas. 2017. No. 11. pp. 37-40.
12. Feskov S.A., Biryulin A.A., Luzik V.M. and others. Wear of composite plowshares on the

example of the company "VOGEL AND NOOT" // Proceedings of the Engineering and Technology Faculty of Bryansk State Agrarian University. 2021. No. 1. P. 110-129.

13. Mikhailchenkov A.M., Gutsan A.A., Kozarez I.V. Wear resistance and service life of composite shares restored and strengthened by double-sided surfacing reinforcement // Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2022. No. 4 (92). pp. 65-70. DOI 10.52691/2500-2651-2022-92-4-65-70.

Информация об авторах

Н.В. Титов – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Надежность и ремонт машин»

Information about the authors

N. Titov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Reliability and Machinery Repair.

Поступила в редакцию (Received): 11.03.2024 Принята к публикации (Accepted): 22.04.2024