УДК 631.316.022:621.9.048.4
DOI: 10.31279/2222-9345-2019-8-33-21-26

С. В. Стребков, А. П. Слободюк, А. В. Бондарев, А. В. Сахнов

Strebkov S. V., Slobodyuk A. P., Bondarev A. V., Sakhnov A. V.

УПРОЧНЕНИЕ СТРЕЛЬЧАТЫХ КУЛЬТИВАТОРНЫХ ЛАП ЭЛЕКТРОИСКРОВЫМ ЛЕГИРОВАНИЕМ

CLARIFICATION OF THE LANCET HOES ELECTROSPARK ALLOYING

Стрельчатые лапы в процессе эксплуатации контактируют с абразивными частицами почвы, в результате чего происходит интенсивное изнашивание рабочих поверхностей и режущих кромок, изменение формы и как следствие профиля и рабочих размеров лап. Процесс эксплуатации изношенных рабочих органов почвообрабатывающих машин приводит к снижению качества выполняемых работ, увеличению расхода горюче-смазывающих материалов, увеличению простоев сельскохозяйственных машин, снижению количества полученной продукции.

В работе занимались производственной апробацией технологии повышения ресурса стрельчатых лап упрочнением их рабочих кромок методом электроискрового легирования. Особенностью предложенной технологии является использование процесса переноса частиц электрода на легируемую поверхность стрельчатой лапы путем электроискровых процессов. Технология обеспечит увеличение ресурса восстанавливаемых деталей машин за счет совмещения свойств различных материалов в одном изделии. В ходе проведения экспериментальных исследований определен наиболее подходящий материал для упрочнения режущей кромки стрельчатых лап культиватора и проведена производственная апробация предложенного способа.

На основании анализа проведенных исследований по совокупности изменений массы и линейных размеров видно, что способ электроискрового легирования увеличивает ресурс стрельчатых лап по сравнению с необработанными лапами, при этом наилучшим электродным материалом для упрочнения является стержень электрода Т-590, который обеспечит уменьшение скорости изнашивания по весовым и линейным показателям в три раза.

Ключевые слова: почвообрабатывающие орудия, упрочнение, культиватор, стрельчатая лапа, электроискровая обработка, электроискровое легирование.

Lancet paws in operation are in direct contact with abrasive particles of the soil causing intensive wear, blunting of cutting edges, change of shape and as a result of the profile and working sizes of paws. The process of operation of worn working bodies of tillage machines leads to a drop in the quality of the work performed, an increase in the consumption of fuels and lubricants, disruption of agrotechnical terms of operations, an increase in equipment downtime, direct and indirect costs, a decrease in the number of commercial products received.

The work involved in production testing of technologies to increase the resource of the Lancet paws padding their working edges by the method of electric-spark alloying. The peculiarity of the proposed technology is the use of the process of transfer of electrode particles to the doped surface of the pointed paw by electrospark processes. The technology will provide an increase in the life of the recovered machine parts by combining the properties of different materials in one product. In the course of experimental studies, the most suitable material for strengthening the cutting edge of the Lancet paws of the cultivator was determined and the production testing of the proposed method was carried out.

Based on the analysis of the conducted studies on the set of changes in mass and linear dimensions, it is clear that the method of electro-spark alloying increases the life of Lancet paws in comparison with untreated paws, while the best electrode material for hardening is the electrode rod T-590, which will reduce the wear rate by weight and linear parameters three times.

Key words: tillage operation, hardening, cultivator, hoe, electrical discharge machining, electro-spark alloying.

Стребков Сергей Васильевич –

кандидат технических наук, профессор кафедры технического сервиса в АПК, декан инженерного факультета
ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина»
г. Белгород
Тел.: 8(4722)39-12-27
E-mail: strebkov_sv@bsaa.edu.ru

Слободюк Алексей Петрович –

кандидат технических наук, доцент кафедры технической механики и конструирования машин
ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина»
г. Белгород
Тел.: 8(4722)39-12-32
E-mail: slobodyuk_ap@bsaa.edu.ru

Бондарев Андрей Владимирович –

кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса в АПК
ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина»

Strebkov Sergey Vasilievich –

Ph.D of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Service in the Agro-Industrial Complex, Dean of the Engineering Faculty
FSBEI HE «Belgorod State Agricultural University named after V. Ya. Gorin»
Belgorod
Tel.: 8(4722)39-12-27
E-mail: strebkov_sv@bsaa.edu.ru

Slobodyuk Alexey Petrovich –

Ph.D of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Mechanics and Machine Design
FSBEI HE «Belgorod State Agricultural University named after V. Ya. Gorin»
Belgorod
Tel.: 8(4722)39-12-32
E-mail: slobodyuk_ap@bsaa.edu.ru

Bondarev Andrey Vladimirovich –

Ph.D of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service in the Agro-Industrial Complex
FSBEI HE «Belgorod State Agricultural University

г. Белгород
Тел.: 8(4722)39-28-70
E-mail: bondarev_av@bsaa.edu.ru

Сахнов Андрей Васильевич –

кандидат технических наук, доцент кафедры
технического сервиса в АПК
ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный
университет им. В. Я. Горина»
г. Белгород
Тел.: 8(4722)39-28-70
E-mail: sahnov_av@bsaa.edu.ru

named after V. Ya. Gorin»
Belgorod
Tel.: 8(4722)39-28-70
E-mail: bondarev_av@bsaa.edu.ru

Sakhnov Andrey Vasilievich –

Ph.D of Technical Sciences, Associate Professor
of the Department of Technical Service
in the Agro-Industrial Complex
FSBEI HE «Belgorod State Agricultural University
named after V. Ya. Gorin»
Belgorod
Tel.: 8(4722)39-28-70
E-mail: sahnov_av@bsaa.edu.ru

В настоящее время при возделывании сельскохозяйственных культур часто используют культиваторы, рыхлители, сеялки и посевные комплексы, у которых рабочими органами являются стрельчатые лапы [1]. Стрельчатые лапы в процессе эксплуатации контактируют с абразивными частицами почвы, при этом происходит их интенсивное изнашивание, изменение формы и размеров. Процесс эксплуатации изношенных рабочих органов почвообрабатывающих машин приводит к снижению качества выполняемых работ, увеличению расхода горючесмазочных материалов, увеличению простоев сельскохозяйственных машин, снижению количества полученной продукции.

В настоящее время наиболее перспективным способом повышения износостойкости и как следствие ресурса рабочих органов почвообрабатывающих орудий является упрочнение их рабочих поверхностей и кромок у новых или восстановленных деталей [2, 3]. В качестве упрочняющего материала покрытия используют сормайт, высоколегированный чугун и материалы, содержащие в своем составе дорогие и редкие легирующие элементы – вольфрам, молибден, хром, кобальт, никель и др., что чаще всего приводит к значительному удорожанию рабочих органов.

Тем не менее проведенный анализ современной технической литературы показал, что в настоящее время не уделяется должного внимания методу электроискрового легирования (упрочнения) деталей. Метод электроискрового легирования (ЭИЛ) является выгодным с экономической и технологической сторон и является перспективным при решении проблем увеличения эксплуатационных характеристик деталей машин, подвергающихся интенсивному изнашиванию.

Благодаря широкой номенклатуре материалов, которые могут быть использованы в процессе электроискрового легирования при формировании износостойких поверхностных слоев, можно в широких пределах изменять электрические, механические, термоэмиссионные, термические и другие свойства рабочих поверхностей восстанавливаемых деталей [4].

Работа посвящена повышению срока службы рабочих органов почвообрабатывающих

машин, в частности стрельчатых лап культиваторов, путем улучшения эксплуатационных свойств их поверхностного слоя методом электроискровой обработки.

При выполнении работы решались следующие задачи:

1. Разработка технологии получения износостойких покрытий на поверхностях стрельчатых лап с улучшенными эксплуатационными свойствами.
2. Обоснование выбора материала легирующего электрода.
3. Проведение эксплуатационной оценки повышения срока службы обработанных рабочих органов почвообрабатывающих машин.

Объектом исследования являлись закономерности изменения ресурса стрельчатых лап в зависимости от материала электрода и режимов легирования стрельчатых лап культиватора КПО-9.

Предметом исследования являются эксплуатационные свойства покрываемых слоев на изношенные поверхности, полученные с помощью электроискрового способа наращивания на режущие поверхности стрельчатых лап культиваторов.

Высокая урожайность сельскохозяйственных культур невозможна без различных способов обработки почвы, потому что качество обработки почвы сильно сказывается на важных показателях: урожайность, себестоимость и эффективность сельскохозяйственного производства [4].

В настоящее время сельское хозяйство нельзя представить без разнообразных почвообрабатывающих орудий. Наиболее распространенным видом устройств для обработки почвы наравне с дисками является стрельчатая лапа. Бывает два основных вида стрельчатых лап – универсальные и плоскорезные, которые отличаются между собой конструктивно – углом подъема и углом раствора лапы и предназначены для различных операций при выращивании сельскохозяйственных культур.

Для универсальных стрельчатых лап наибольшая интенсивность изнашивания характерна для их носка. На различных почвах износ носка стрельчатых лап в 2,2–2,5 раза больше крыльев лап [4, 5]. При удалении от носка лапы интенсивность изнашивания режущей кромки лапы уменьшается.

Для того чтобы повысить износостойкость стрельчатых лап почвообрабатывающих орудий, необходимо использовать упрочняющие технологии при их восстановлении.

В ремонтном производстве разработано довольно много современных технологий для поверхностного упрочнения деталей. Однако не всякие технологии могут быть использованы для стрельчатых лап.

Известны различные виды испытаний электроискрового способа, которые показали, что использование СВС-электродов в процессе нанесения методом электроискрового легирования позволит получать износостойкие покрытия толщиной от 5 до 200 мкм, при этом ресурс упрочненных деталей увеличивается от 2 до 10 раз.

В качестве электродов для электроискровой обработки можно использовать любые токопроводящие материалы, условно разделенные на 4 группы [6]. Основным требованием к ним является проводимость электрического тока. Установлено, что для получения износостойких покрытий следует применять материалы, входящие в первую и вторую группу (сплавы на основе железа со специальными свойствами, в том числе ферросплавы; легированные стали; чугуны (серые, ковкие, специальные); карбиды, бориды, нитриды и другие твердые соединения металлов (Cr, Mo, Ti, W, Ta, Zr, V, Nb); вольфрамосодержащие твердые сплавы; безвольфрамовые твердые сплавы).

Эксплуатационные испытания стрельчатых лап почвообрабатывающих орудий, обработанных электроискровым упрочнением, проводились на примере культиватора КПО-9.

Существует два подхода к способам восстановления культиваторных лап:

- нанесение слоя с тыльной (нижней) стороны, при этом обеспечивается эффект самозатачивания [7];
- нанесение слоя с лицевой (верхней) стороны лап [7].

С учетом незначительного компенсирующего износ слоя металла, получаемого при электроискровой обработке, исследуемые лапы упрочняли на наиболее изнашиваемой, лицевой стороне.

Эксплуатационные испытания упрочненных стрельчатых лап проводились в условиях УНИЦ «Агротехнопарк» Белгородского ГАУ в Белгородской области. Агрегатировали культиватор КПО-9 с трактором Вальтра-Т270. Испытания проводили на предпосевной подготовке почвы и культивации незанятых паров.

Во время проведения испытаний определяли износ носка стрельчатых лап, ширины их крыльев и массу лапы. Это связано с тем, что именно эти критерии являются основными при выбраковке лап [8]. Исследуемые культиваторные лапы были установлены в первом ряду культиватора. Стрельчатые лапы, которые шли по колее трактора, не исследовались, поскольку они в процессе эксплуатации подвержены нагрузкам, резко отличающимся от лап, которые не идут по колее.

Вместе с упрочненными стрельчатыми лапами на культиватор ставили и неупрочненные. Износ лап определяли по окончании полевых работ. Перед исследованием стрельчатые лапы снимались с культиватора и хорошо очищались от загрязнений.

Для определения износа стрельчатых лап применили штангенциркуль ШЦ-I-250-0,05 ГОСТ 166-89 с погрешностью измерения не более 0,05 мм и весы лабораторные САРТОГОСМ ВЛТ 510-П (Свидетельство о поверке № СП-032373 от 06.03.2017).

В процессе исследований были определены следующие показатели:

- масса стрельчатой лапы до нанесения покрытия;
- размеры исходной стрельчатой лапы (расстояние от крепежного отверстия до носка, ширина захвата лапы);
- масса нанесенного износостойкого покрытия;
- масса стрельчатой лапы после полевых работ;
- линейные размеры по завершении полевых работ (рис. 1–3).

Рисунок 1 – Стрельчатая лапа до нанесения покрытия

Рисунок 2 – Стрельчатая лапа после нанесения покрытия

Рисунок 3 – Стрельчатые лапы после полевых работ

Исследование стрельчатых лап до нанесения покрытия показало наличие большого разброса по массе деталей до обработки (от 419,70 до 446,18 г), размеру от носка лапы до отверстия (от 106,60 до 110,70 мм), ширине захвата лапы (от 206,20 до 209,70 мм).

Электроискровое упрочнение изношенного слоя стрельчатой лапы выполняли тремя материалами: Р6М5 (быстрорежущая сталь), стержень электрода Т-590 (сплав железа, стойкий к абразивному изнашиванию) и Т15К6 (сплав титановольфрамовой группы).

На рисунке 4 представлен прирост массы металла после обработки различными электродами.

Исследование показало, что изменение массы колебалось в широких пределах, от 0,64 г Т-590 до 1,93 г – сплава Р6М5.

Машинотракторным агрегатом было обработано 130 га, следовательно, на 1 лапу пришлось 2,45 га. После указанной наработки были проведены измерения линейных размеров и массы (рис. 5, 6).

Согласно полученным данным минимальный износ стрельчатой лапы был получен при легировании поверхностного слоя стержнем электрода Т-590, максимальный – на контрольном образце и при легировании быстрорежущей сталью Р6М5. Соответственно изменилась и скорость изнашивания, от 0,51 г/га для лап, упрочненных Т-590, до 2,24 г для стандартных лап контрольной группы.

Как выяснилось в ходе полевых испытаний, ширина захвата стрельчатой лапы может не только уменьшаться вследствие естественного износа, но и увеличиваться. Увеличение ширины захвата можно объяснить эксплуатацией лапы в экстремальных, ненормальных для нее условиях, например ширина может увеличиваться вследствие пластической деформации при наезде на препятствие или при резком опускании культиватора на грунтовую дорогу на краю поля.

Наибольший интерес представляют данные по линейному износу расстояния от носка лапы до крепежного отверстия (рис. 6).

Рисунок 4 – Прирост массы детали при электроискровом легировании

Рисунок 5 – Изменение массы стрельчатых лап после эксплуатации

Рисунок 6 – Изменение расстояния от носка стрельчатой лапы до крепежного отверстия

График, представленный на рисунке 6, показывает, что максимальное изменение размера произошло на стрельчатой лапе, которая не подвергалась электроискровому легированию, при этом наилучшими характеристиками обладает лапа, восстановленная с помощью электрода T-590.

В заключение стоит отметить, что на основании анализа проведенных исследований по со-

вокупности изменений массы и линейных размеров видно, что способ электроискрового легирования увеличивает ресурс стрельчатых лап по сравнению с необработанными лапами, при этом наилучшим электродным материалом для упрочнения является стержень электрода T-590, который обеспечивает уменьшение скорости изнашивания по весовым и линейным показателям в три раза.

Литература

1. Поливаев О. И., Костиков О. М. Испытание сельскохозяйственной техники и энергосиловых установок. СПб. : Лань, 2016. 280 с.
2. Ерохин М. Н., Новиков В. С., Собко А. А. Применение керамических материалов для упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных машин в условиях абразивного изнашивания // Состояние перспективы восстановления, упрочнения и изготовления деталей. М., 1999. С. 167–168.
3. Литовченко Н. Н., Титов Н. В., Коломейченко А. В. Электровибродуговое упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин металлокерамическими материалами // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. С. 49–50.
4. Титов Н. В., Коломейченко А. В., Виноградов В. В. Анализ перспективных способов упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин // Техника и оборудование для села. 2013. № 10. С. 33–36.
5. Михальченков А. М., Феськов С. А. Изнашивание стрелчатых лап посевного комплекса Morris, восстановленных способом термоупрочненных «компенсирующих элементов» // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 12. С. 50–52.
6. Методические указания к лабораторной работе «Электроискровая обработка поверхностей деталей машин и инструментов»: учебное пособие / П. В. Сенин [и др.]. Саранск : Центр оперативной полиграфии ГОУ СПО «Саранский промышленно-экономический колледж», 2011. 29 с.
7. Подкатилов К. Е. К вопросу самозатачивания культиваторных лап с верхним упрочнением твердым сплавом // Проектирование рабочих органов уборочных почвообрабатывающих с.-х. машин, агрегатов для кормопроизводства : межвузовский сб. / ВИСХОМ. Ростов-на-Дону, 1982. С. 98–104.
8. Тененбаум М. М. Методика установления предельных состояний рабочих органов почвообрабатывающих машин. Общие положения. М. : ВИСХОМ, 1985. 33 с.

References

1. Polivaev O. I., Kostikov O. M. Testing of agricultural machinery and power plants. SPb. : Lan', 2016. 280 p.
2. Erokhin M. N., Novikov V. S., Sobko A. A. The use of ceramic materials for strengthening the working bodies of agricultural machines in terms of abrasive wear // State of prospects of recovery, strengthening and manufacturing of parts. M., 1999. P. 167–168.
3. Litovchenko N. N., Titov N. V., Kolomeychenko A. V. Electroviibration hardening the working bodies of tillage machines, ceramic materials // Tractors and Agricultural Machinery. 2013. № 2. P. 49–50.
4. Titov N. V., Kolomeychenko A. V., Vinogradov V. V. Analysis of the promising methods of hardening of working bodies tillage machines // Machinery and Equipment for the Village. 2013. № 10. P. 33–36.
5. Mikhailchenkov A. M., Fes'kov S. A. Wear of the Lancet paws seeder Morris restored by way of heat-strengthened «compensating elements» // Tractors and Agricultural Machinery. 2013. № 12. P. 50–52.
6. Methodical instructions to laboratory work «Electrical discharge machining of surfaces of details of machines and tools»: training manual / P. V. Senin [et al.]. Saransk : Center of operative Polygraphy of SEI SVE «Saransk Industrial Economic College», 2011. 29 p.
7. Pokatilov K. E. To the question of self-sharpening of cultivator paws with top hardening by hard alloy // Design of the working bodies of cleaning soil cultivating agricultural machines, machines for feed production: interuniversity collection / All-Union Research Institute of Agricultural Machinery. Rostov-on-Don, 1982. P. 98–104.
8. Tenenbaum M. M. Method of establishment of limit States of working bodies of tillage machines. Generalities. M. : All-Union Research Institute of Agricultural Machinery, 1985. 33 p.