

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА



УДК 631.31:621.785.545:621.789

**В.П. Лялякин, В.Ф. Аулов, А.В. Ишков, Н.Т. Кривочуров, В.В. Иванайский,
А.В. Соколов, Д.В. Коваль, Х. Дрейер, В. Швамм**
V.P. Lyalakin, V.F. Aulov, A.V. Ishkov, V.V. Ivanayskiy,
N.T. Krivochurov, A.V. Sokolov, D.V. Koval, H. Dreyer, V. Swam

**ИЗНОС ДОЛОТ АНКЕРНЫХ СОШНИКОВ СЕЯЛКИ PRIMERA DMC-9000,
УПРОЧНЕННЫХ КОМБИНИРОВАННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ,
В УСЛОВИЯХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ**

**WEAR FOR CHISEL OF HOE BOOTS OF SEEDERS PRIMERA DMC-9000,
HARDENING OF THE COMBINED COVERINGS IN THE ALTAI REGION**

Ключевые слова: абразивный износ, анкерный сошник, долото, комбинированные упрочняющие покрытия, ТВЧ-наплавка, скоростное ТВЧ-борирование, электро-вибродуговое упрочнение, электроискровое легирование, ТВЧ-закалка, конструкция покрытия, технология упрочнения.

Keywords: abrasive wear, hoe boot, chisel, combined hardening coverings, RF-overlaying welding, high-speed RF-borating, vibratory arc deposition welding by ceramal, electro spark doping, RF-hardening, a design of a covering, technology of reinforcement.

Проанализированы характер и причины износа рабочих органов (долот) анкерных сошников сеялки Primera DMC-9000 фирмы Amazone (Германия) при достижении ими предельного состояния и наработки 60-200 га. Выявлено, что упрочнение только одной передней поверхности долот ТВЧ-наплавкой, скоростным ТВЧ-борированием, электро-вибродуговым нанесением металлокерамикой или электроискровым легированием твердыми сплавами типа ВК, ТК неэффективно – характер и величина износа таких рабочих органов сопоставимы с неупрочненными долотами. Для упрочнения долота предложено использование пяти конструкций комбинированного покрытия, состоящего из четырех конструктивных и технологических элементов: твердосплавная пластина, твердосплавное, боридное или композиционное покрытие, металлокерамическое или электроискровое покрытие, объемная закалка основного материала, которые располагаются на различных участках изнашивающейся поверхности долота. Полевые испытания упрочненных долот проводились на машинно-тракторном агрегате (колесный трактор тягового класса 4, 5 + сеялка Primera DMC-9000) в мае-июне 2014 г. в Алтайском крае, общая наработка МТА составила 3563 га, средняя наработка на одно долото – 74,2 га. По результатам технологических исследований и полевых испытаний упрочненных рабочих органов в условиях Алтайского края выбраны и оптимизированы две конструкции упрочняющего покрытия долота: 1) ТВЧ-наплавка передней поверхности сплавом ПС-14-60 + ЭИН боковых поверхностей сплавом ВК8; 2) ТВЧ-наплавка передней поверхности сплавом ПГ-С27, совмещенная с борированием + ЭИН боковых поверхностей сплавом ВК8. Упрочненные комбинированным покрытием и ТВЧ-закаленные долота проявляют в 1,5-2 раза более высокую износостойкость по сравнению с контрольными.

The character and the reasons of wear of the tools of hoe boots of Primera DMC-9000 seeder (Amazone, Germany) at achievement of limit condition and operating time of 60-200 ha. It is found the reinforcement only by RF-overlaying welding, high-speed RF-borating, vibratory arc deposition welding by ceramal (VDWC-process) or electro spark doping (ESD-process) by hard metals such as VK, TK (in Russian) is inefficient – the character and magnitude of wear of such tools are comparable to not strengthened tools. To reinforce a chisel of five designs of the combined covering consisting of four constructional and technological elements is offered: a hard-alloy plate, hard-alloy, borid or a composition covering, a metal-ceramic or electro spark covering, volumetric quenching of an original material which place on various plots of a wearing out surface of a chisel. Field test of the strengthened straight bits were carried out on the machine-tractor unit (MTU): a wheel tractor of the attractive class-room 4, 5 + seeder Primera DMC-9000, in May - June, 2014 in Altai region, general operating time MTU has made 3563 ha. The medium operating time on one chisel has made 74.2 ha. By results of technological researches and a field test of the strengthened actions in conditions of Altai Region, two designs of a hardening covering of a chisel picked and optimized: 1 - RF-overlaying welding a true rake by alloy ПС-14-60 (in Russian) + lateral faces ESD alloy ВК8 (in Russian), 2 - RF-overlaying welding of a true rake by alloy ПГ-С27 (in Russian), combined with borating + lateral faces VDWC alloy ВК8 (in Russian). Strengthened by the combined covering and RF-quenched a chisel develop in 1.5-2 times higher wear resistance in comparison with control.

Лялякин Валентин Павлович, д.т.н., проф., научн. консультант ГОСНИТИ. Тел.: +7 (499) 174-81-20. E-mail: gosniti@list.ru.

Аулов Вячеслав Федорович, к.т.н., зав. лаборатории № 21 ГОСНИТИ. Тел.: +7 (499) 174-83-04. E-mail: gosniti@mail.ru.

Ишков Алексей Владимирович, к.х.н., д.т.н., зав. Барнаульским сектором лаборатории № 21 ГОСНИТИ, проф., каф. ТКМиРМ, Алтайский государственный аграрный университет. тел./факс: +7 (3852) 62-83-80. E-mail: olg168@rambler.ru.

Иванайский Виктор Васильевич, д.т.н., с.н.с., проф., каф. ТКМиРМ, Алтайский государственный аграрный университет. Тел./факс: +7 (3852) 62-83-80. E-mail: viv174@bk.ru.

Кривочуров Николай Тихонович, к.т.н., доцент, зав. каф. ТКМиРМ, Алтайский государственный аграрный университет. Тел./факс: +7 (3852) 62-83-80. E-mail: krivochurov_nt@mail.ru.

Соколов Андрей Викторович, аспирант, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: sava2788@mail.ru.

Коваль Данил Валерьевич, аспирант, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: sava2788@mail.ru.

Lyalakin Valentin Pavlovich, Dr. Tech. Sci., Prof., Scientific Advisor, All-Russian Research and Technological Institute for Ag Machinery. Ph.: +7 (499) 174-81-20. E-mail: gosniti@list.ru.

Aulov Vyacheslav Fedorovich, Cand. Tech. Sci., Head. Lab 21, All-Russian Research and Technological Institute for Ag Machinery. Ph.: +7 (499) 174-83-04. E-mail: gosniti@mail.ru.

Ishkov Aleksey Vladimirovich, Cand. Chem. Sci., Dr. Tech. Sci., Head. Barnaul Sector, Lab. 21, All-Russian Research and Technological Institute for Ag Machinery; Prof., Head of Chair of Technology of Design Materials and Machinery Repair, Altai State Agricultural University, Ph./fax: +7 (3852) 62-83-80. E-mail: olg168@rambler.ru.

Ivanayskiy Viktor Vasilyevich, Dr. Tech. Sci., Senior Staff Scientist, Prof., Chair of Technology of Design Materials and Machinery Repair, Altai State Agricultural University. Ph./fax: (3852) 628380. E-mail: viv174@bk.ru.

Krivochurov Nikolay Tikhonovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Head of Chair of Technology of Design Materials and Machinery Repair, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 628380. E-mail: krivochurov_nt@mail.ru.

Sokolov Andrey Viktorovich, Post-Graduate Student, Altai State Agricultural University. E-mail: sava2788@mail.ru.

Koval Danil Valeryevich, Post-Graduate Student, Altai State Agricultural University. E-mail: sava2788@mail.ru.

Дрейер Хайнц (Dreyer Heinz), проф., доктор (Prof. Dr.), почётный профессор Самарской ГСХА, AMAZONEN-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG. Hasbergen-Gaste, Germany, Am Amazonenwerk 9-13, D-49205 Hasbergen, Tel.: +49 (05405) 501-371, Fax: +49 (05405) 501-234, e-mail: Dr.Viktor.Buxmann@amazone.de.

Швамм Виктор, Dipl.-Ing. AMAZONEN-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG. Hasbergen-Gaste, Germany, Am Amazonenwerk 9-13, D-49205 Hasbergen, tel.: +49 (05405) 501-371, Fax: +49 (05405) 501-234, e-mail: viktor.schwamm@amazone.de.

Dreyer Heinz (Heinz Dreyer, Professor Dr. (Prof. Dr.), Honorary Professor of Samara Ag Academy, AMAZONEN-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG. Hasbergen-Conference Facilities, Germany, Am Amazonenwerk 9-13, D-49205 Hasbergen Tel.: +49 (05405) 501-371, Fax: +49 (05405) 501-234, e-mail: Dr.Viktor.Buxmann@amazone.de.

Swam Victor, Dipl.-Ing. AMAZONEN-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG. Hasbergen-conference facilities, Germany, Am Amazonenwerk 9-13, D-49205 Hasbergen, tel.: +49 (05405) 501-371, Fax: +49 (05405) 501-234, e-mail: viktor.schwamm@amazone.de.

Введение

Интенсивный абразивный, ударный и коррозионный износ рабочих органов является общей проблемой всех почвообрабатывающих комплексов (ПК) и сельскохозяйственных машин [1]. Одним из распространенных типов рабочего органа современных ПК с анкерными сошниками является долото, а главным следствием его износа – не столько увеличение тягового сопротивления и соответствующее увеличение расхода топлива, сколько ухудшение качества заделки семян и, как следствие, снижение урожайности сельскохозяйственных культур [2]. Длительный опыт применения сеялок Primera DMC-9000 фирмы Amazone (Германия) [3] в Европе и России показывает, что на практике сложились определенные представления о допустимых (предельных) параметрах износа их долот – в зависимости от почвенно-климатических условий наработка на один рабочий орган составляет 60-200 га [4].

В Алтайском крае в настоящее время эксплуатируется более 20 сеялок этого типа в Кулундинской степной и Приалейской степной почвенных зонах, а также более 5 сеялок в Бийско-Чумышской зоне. Сеялки Primera DMC-9000 используются в хозяйствах края для посева зерновых, бобовых и масличных культур по технологиям «Mini-till» и «No-till».

Преобладающие в этих зонах каштановые, солонцеватые, среднеспособные и выщелоченные черноземные, серые лесные и дерново-подзолистые типы почв с содержанием в них фракций песка и крупной пыли с размером частиц 0,01-0,05 и 0,05-1 мм до 43-49% [5] определяют высокие абразивные свойства почв и, как следствие, значительный износ долот сошников. Типичный характер износа долот сеялки Primera DMC-9000, эксплуатируемых в условиях Алтайского края, показан на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1, фигуры износа в продольном и поперечном сечениях имеют серповидную и клиновидную форму соответственно (рис. 1 а) [6]. Изнашиванию подвергается как передняя кромка, так и боковые утолщения долота, причем с различной скоростью. И если износ передней кромки уве-

личивает тяговое сопротивление, расход топлива и изменяет параметры заделки семян, то износ боковых утолщений снижает ширину посевной полосы, влияет на качество внесения удобрений и химикатов, снижает урожайность.



а



б

Рис. 1. Форма фигур износа долота сеялки Primera DMC-9000 при достижении предельной наработки:

а – вид сбоку на изношенное долото, установленное на сеялке;

б – вид спереди на изношенные долота, упрочненные производителем установкой дополнительных твердосплавных пластин

В настоящее время для сохранения оптимальной формы и состояния кромки долота, формирующей почвенный клин, она упрочня-

ется фирмой-производителем путем напайки твердосплавной пластины из сплава типа ВК, толщиной 1-1,5 мм [4]. Для уменьшения износа такие же пластины могут устанавливаться (опция) и на другие части долота, однако это его удорожает, а применение дополнительных пластин в условиях России оказалось не эффективным – износ боковых утолщений оказался по-прежнему значительным (рис. 1 б). Поэтому актуальной является разработка нового комбинированного упрочняющего покрытия долота, сочетающего в себе положительные качества упрочнения его кромки твердосплавной пластиной с упрочнением других элементов его поверхности современными высокотехнологическими способами, и исследование износа упрочненных долот в условиях их эксплуатации в конкретной почвенно-климатической зоне.

Цель работы состояла в исследовании износа долот анкерных сошников сеялки Primera ДМС-9000, упрочненных комбинированными покрытиями и эксплуатируемых в Алтайском крае, а также в разработке новых технологий, оснастки и приспособлений для их упрочнения.

Для достижения указанной цели решались следующие **задачи**:

- выбор основных способов упрочнения долота и его отдельных элементов;
- обоснование использования для упрочнения комбинированного покрытия и размещения его отдельных зон на рабочей поверхности долота;
- оптимизация технологических параметров и режимов упрочнения;
- определение физико-механических характеристик покрытий и упрочненных долот;
- проведение полевых испытаний упрочненных долот и исследование их износа в реальных условиях при эксплуатации в Алтайском крае.

Экспериментальная часть

ТВЧ-нагрев долот под закалку, ТВЧ-наплавку и скоростное ТВЧ-борирование осуществляли на промышленном высокочастотном инверторе ЭЛСИТ-100/20-70 (оборудование ФГБОУ ВПО АГАУ, г. Барнаул) в водоохлаждаемых индукторах оптимизированной формы, выполненных из медной трубки \varnothing 5, 10 мм. Электро-вибродуговое упрочнение металллокерамикой (ЭВДУ МКП) осуществляли на установке ВДГУ-2, а электроискровое легирование (ЭИЛ) – на установке БИГ-5 (оборудование ФГБНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии, г. Москва).

Для упрочнения использовали следующие материалы и реактивы: твердые сплавы ПГ-10Н-01, ПС-14-60, ПГ-С27; сварочный флюс АН-348А; буру $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$; борный ангидрид B_2O_3 ; карбид бора B_4C ; силицид

кальция CaSi_2 ; силикат натрия Na_2SiO_3 ; диоксид кремния SiO_2 ; сплав ВК8 пластины. Все материалы имели квалификацию «техн.» и соответствовали требованиям действующих ГОСТов и ТУ. Компоненты покрытий и готовые смеси наносили на участки долота в виде пасты (на жидком стекле) или сухой шихты, после чего осуществляли упрочнение по выбранному способу.

ТВЧ-закалку долот осуществляли с температуры 880-900°C, закалочная среда – вода, ТВЧ-наплавку и скоростное ТВЧ-борирование проводили на оптимизированных режимах, процесс ЭВДУ МКП осуществляли на следующих режимах: сила тока $I = 70-80$ А, напряжение $U = 60$ В, частота вибрации графитового электрода $\nu = 50$ Гц, процесс ЭИЛ проводили при следующих параметрах: анодный материал – сплав ВК8, режим – ручной, напряжение холостого хода $U = 20-50$ В, рабочий ток $I = 3,5-4,5$ А, частота импульсов $\nu = 100-200$ Гц, энергия импульсов $E = 0,1-0,3$ Дж.

У упрочненных долот определяли твердость основного материала по Бринеллю и твердость покрытий – по Роквеллу на приборе ТБ-3000, ТК-2М по ГОСТ 9012, 9013.

Полевые испытания упрочненных долот проводили в посевную кампанию весны-лета 2014 г. в схожих почвенно-климатических условиях в с. Завьялово (ОАО «Молочная страна») по дерново-подзолистой песчаной почве при посеве яровой пшеницы, ячменя, подсолнечника и суданки на машинно-тракторном агрегате (МТА) в составе колесный трактор тягового класса 4, 5 + сеялка Primera ДМС-9000.

Весовой износ упрочненных долот определяли на электронных весах CAS-SW-2, линейный износ – штангенциркулем ШЦЦ-1-250-0,05 по максимальной высоте фигуры износа в продольном сечении.

Результаты и их обсуждение

На основании результатов предварительного информационно-патентного поиска имеющейся материально-технической базы и возможности дальнейшей реализации технологий упрочнения на производстве и в сельхозпредприятиях края в качестве основных способов упрочнения долот комбинированными покрытиями были выбраны: ТВЧ-закалка, ТВЧ-наплавка, скоростное ТВЧ-борирование, процессы ЭВДУ МКП и ЭИЛ [7, 8].

Учитывая особенности работы долот и характер их изнашивания комбинированное упрочняющее покрытие должно состоять из следующих элементов и формироваться следующими технологическими процессами: 1) твердосплавная пластина, толщиной 1-1,5 мм, размещенная на рабочей кромке долота, формируется пайкой на фирме-

производителе; 2) твердосплавное, боридное или композиционное покрытие, размещенное на передней кромке долота, формируется ТВЧ-наплавкой или ТВЧ-борированием; 3) металллокерамическое или электроискровое покрытие, размещенное на боковых поверхностях долота, формируется процессами ЭВДУ и ЭИЛ; 4 – объемная закалка основного материала долота в зоне утолщений, обеспечивается ТВЧ-закалкой.

Так как долото поставляется окрашенным и с уже закрепленной на рабочей кромке твердосплавной пластиной, при получении комбинированного упрочняющего покрытия рекомендуется следующая оптимизированная последовательность технологических операций: формирование элемента покрытия на передней кромке (ТВЧ-наплавка, скоростное ТВЧ-борирование, 3-5 мин.); переход; формирование элементов покрытия на левом и правом утолщении боковой поверхности (ЭВДУ МКП, ЭИЛ, 10-12 мин.); переход; объемная закалка (ТВЧ-нагрев, 2-3 мин.), с принятием обязательных мер по защите твердосплавной пластины (экраны, приспособления, размещение вне зоны технологического воздействия и пр.) на всех стадиях процесса. Экспериментально определенное общее время технологического процесса упрочнения долота сеялки Primera DMC-9000 с учетом переходов составило 20-30 мин., а с учетом операций очистки, контроля, окраски и сушки – 45-60 мин.

Химический анализ материала долота показал, что оно изготовлено из конструкционной стали S355 (стандарт EN 10025), аналогом которой является отечественная сталь 17Г1С (ГОСТ 19281-89). Закалка таких сталей возможна за счет изменения размеров зерна и химического состава аустенита при фазовых превращениях вблизи температур A_{c1} . Закалка стали S355 будет идти за счет $\alpha \rightarrow \gamma$ превращения твердого раствора С в Fe [9]. При правильно выбранной температуре и скорости нагрева малоуглеродистых кремнемарганцовистых сталей удается после закалки уменьшить размер аустенитного зерна до 20-30 мкм, что и приводит к упрочнению детали в 2-4 раза [10].

Исходя из справочных данных [11], с учетом сложной формы и возможных термических напряжений детали, нами рекомендуются следующие технологические режимы упрочнения зоны утолщений долота: нагрев в двухпетлевом индукторе оптимизированной формы (рис. 2 а) со скоростью 200-400°C/мин.; температура закалки 880-900°C; закалочная среда – горячая вода.

Известно, что наплавке лучше всего поддаются низкоуглеродистые стали с содержанием С не выше 0,4-0,6%, а также низколегированные хромоникелевые, хромованадие-

вые и ванадиевые конструкционные стали. Марганцовистые, хромомолибденовые, кремнистые стали, стали с содержанием С выше 0,65% и чугуны, склонные к закалке и трещинообразованию при наплавке, труднее поддаются наплавке, и для получения качественного упрочняющего покрытия требуют предварительного подогрева основы до 500-650°C. Учитывая химический состав стали S355, из которой изготовлены долота, их упрочнение ТВЧ-наплавкой можно осуществлять без предварительного подогрева по способу Ростовского НИИТМа [12]. При реализации этого способа упрочнения используются следующие порошковые наплавочные материалы: ПГ-ФБХ6-2; ПГ-10Н-01; ПС-14-60; ПГ-С25 и пр., образующие после наплавки на упрочняемой поверхности детали эвтектические чугуноподобные слои состава Fe-Cr-Ni-Mn-C-B-Si, упрочненные карбидами, боридами и карбоборидами железа и легирующих элементов.

Для упрочнения долота ТВЧ-наплавкой нами выбраны порошковые твердосплавные материалы ПС-14-60 и ПГ-С27, которые используются в виде шихты в смеси с флюсом П-0,66, содержание которого в готовой шихте не превышает 10-15%. Флюс П-0,66 состоит из прокаленной буры, борного ангидрида, силикокальция и сварочного флюса АН-348А в масс. %: 30, 20, 10, 40. ТВЧ-наплавку осуществляют при температуре 1000-1000°C, в течение 1-2 мин. на выбранном режиме в охватывающем целевом индукторе оптимизированной формы [13] (рис. 2 б).

Для упрочнения долота скоростным ТВЧ-борированием, по результатам работ, проведенных нами ранее [14], предложено применение ТВЧ-нагрева борлируемой стали S355 в порошковой борлирующей шихте следующего состава: карбид бора (или аморфный бор) – 85-90%, плавленный флюс для индукционной наплавки П-0,66 – 10-15%. Образующиеся при скоростном ТВЧ-борировании покрытия представляют собой композиционные металллокерамические материалы, состоящие из измененного по химическому составу стального подслоя, разделенного диффузионной границей от упрочняющего слоя, состоящего из матрицы железоборидной эвтектики с распределенными в ней частицами цементита, боридов железа, карбоборидов железа и легирующих сталь элементов (Cr, Mn и др.), обеспечивающие его дополнительное дисперсное упрочнение [15].

Для упрочнения скоростным ТВЧ-борированием на переднюю кромку долота наносят предварительно подготовленную порошковую шихту, помещают заготовку в индуктор и осуществляют нагрев детали с шихтой, ее расплавление и выдержку детали в

индукторе при температуре 1200-1300°C в течение 0,5-1 мин.



а



б

Рис. 2. Индукторы оптимизированной формы для упрочнения долота сеялки Primera DMC-9000:
а – двухпетлевой индуктор для ТВЧ-закалки;
б – охватывающий щелевой индуктор для ТВЧ-наплавки и скоростного ТВЧ-борирования

Процесс ЭВДУ МКП представляет собой разновидность автоматической электрической дуговой наплавки вибрирующим металлическим или угольным электродом [16]. Для вибродуговой наплавки металлокерамических покрытий на упрочняемые боковые поверхности долота используют пасту, содержащую наплавочный порошок ПГ-10Н-01, буру, карбид бора, криолит Na_3AlF_6 (техн.), оксид кремния и алюминиевый порошок, а в качестве связующего – 30%-ный водный раствор жидкого стекла. Толщина нанесенного слоя пасты составляет 2,5-3,0 мм.

Процесс ЭИЛ традиционно применяется для упрочнения поверхностей деталей, подвергающихся изнашиванию при трении без смазочного материала (или с его небольшим количеством) с большими удельными давлениями, а также в условиях активной эрозии [17]. По сравнению с описанными выше способами электроискровое упрочнение менее

производительное, а удельные затраты (на 1 мм^3 упрочняющего материала) в несколько раз больше, чем, например, при ТВЧ-наплавке. Однако сложная форма и технологическая труднодоступность поверхности такого элемента долота как его утолщение позволяют рекомендовать этот способ как один из возможных вариантов упрочнения боковой поверхности долота.

Для упрочнения способом ЭИЛ следует использовать ручные и автоматические виброискровые головки с легирующим электродом из недорогих спеченных сплавов типа ВК или ТК, при скорости перемещения электрода (детали) 7-10 см/мин.

Нами выяснено, что упрочнение только одной передней поверхности долот сеялки Primera DMC-9000 ТВЧ-наплавкой (1-я конструкция покрытия), скоростным ТВЧ-борированием или способами ЭВДУ, ЭИЛ (2-я конструкция покрытия) оказалось неэффективным – характер и величина износа таких рабочих органов сопоставимы с неупрочненными долотами (рис. 1). Поэтому потребовалось упрочнение сразу всех элементов долота, изнашивающихся в почве с получением комбинированного покрытия [18]. Оптимальная конструкция комбинированного упрочняющего покрытия для долота была определена нами по результатам полевых испытаний. Исследованные варианты упрочнения долот сеялки Primera DMC-9000 комбинированными покрытиями и параметры их износа приведены ниже. Всего было упрочнено 50 долот в одинаковых условиях.

Полевые работы осуществлялись сеялкой Primera DMC-9000 в мае-июне 2014 г. в Алтайском крае. За май МТА было обработано 2763 га, за июнь – 800 га, общая наработка составила 3563 га. Учитывая количество рабочих органов, установленных на одной сеялке (48 шт.), средняя наработка на одно долото составила 74,2 га, то есть при полевых испытаниях была достигнута нижняя граница интервала предельной наработки [4].

Как следует из данных, приведенных в таблице, наименьшие весовые и линейные износы показали долота № 42, 52, в которых упрочнению подвергались как передняя, так и боковые поверхности (утолщения), так как что основная потеря массы при износе происходила именно с боковых поверхностей (утолщений) долота. ТВЧ-закалка основного материала долота в зоне утолщений положительно сказывается на ресурсе рабочего органа – уменьшается как линейный, так и весовой износ.

Фигуры и характер износа долот, упрочненных различными способами, легко определяются по внешнему виду отдельных рабочих органов. Характерный износ долот

виден из их фотографий, приведенных на рисунке 3.

Как следует из рисунка 3, при износе исходная форма долота становится

серповидной в зоне границы почвы, а наибольшему износу подвергаются передняя и боковые поверхности долота, что согласуется с данными, полученными ранее.

Таблица

Исследование износа экспериментальных долот сеялки Primera DMC-9000, упрочненных комбинированными покрытиями ($n = 5; P = 0,95$)

№ партии	Количество долот в партии	Шифры долот	Масса до, г	Масса после, г	Линейный износ, %	Весовой износ, %
5	20	54.x	1700	1565	5,3±0,3	8,2±0,2
		53.x	1640	1500	3,3±0,2	8,4±0,2
		52.x	1670	1300	2,6±0,2	22,0±0,1
		51.x	1630	1500	3,3±0,3	8,3±0,2
4	15	43.x	16550	1490	5,2±0,2	10,0±0,1
		42.x	1670	1560	1,3±0,4	6,9±0,2
		41.x	1730	1570	1,3±0,3	9,0±0,1
3	15	33.x	1700	1570	1,9±0,3	7,5±0,2
		33.x	1640	1500	5,3±0,2	8,3±0,1
		31.x	1670	1450	4,6±0,2	12,9±0,2
2	5	Контроль 2.x	1640	1300	13,3±0,1	20,6±0,1
1	3	Контроль 1.x	1700	1350	15,5±0,1	20,5±0,1

Примечание. 1 – серым выделены максимальное и минимальное значения весового и линейного износа; 2 – варианты конструкции покрытия закодированы в первой позиции шифра: 3 – скоростное ТВЧ-борирование передней поверхности + ЭИН боковых поверхностей сплавом ВК8; 4 – ТВЧ-наплавка передней поверхности сплавом ПС-14-60 + ЭИН боковых поверхностей сплавом ВК8; 5 – ТВЧ-наплавка передней поверхности сплавом ПГ-С27, совмещенная с борированием + ЭИН боковых поверхностей сплавом ВК8, вторая позиция номера – конкретная деталь в партии; 3 – состав и описание партий: 3-я партия (15 шт.) – все долота упрочнены покрытием 3-й конструкции, долота шифра 32, 33 закалены, долота шифра 31 без закалки; 4-я партия (15 шт.) – все долота упрочнены покрытием 4-й конструкции, долота шифра 42, 43 закалены, долота шифра 21 без закалки; 5-я партия (20 шт.) – все долота упрочнены покрытием 5-й конструкции, долота шифра 33, 34 закалены, долота шифра 32 без закалки, долота шифра 31 без закалки и без электроискрового упрочнения; 1- и 2-я партии (3 и 5 шт.) – контрольные долота без упрочнения (в состоянии поставки).



а



б



в



г

Рис. 3. Характерный износ долот сеялки Primera DMC-9000, упрочненных комбинированными покрытиями различных конструкций:
а – скоростным ТВЧ-борированием передней поверхности и ЭИН боковых поверхностей;
б – наплавкой передней поверхности сплавом ПС-14-60 и ЭИН боковых поверхностей;
в – наплавкой передней поверхности борированным сплавом ПГ-С27 и ЭИН боковых поверхностей; г – характерный износ контрольных долот

Сопоставляя фотографии изношенных долот, используя данные таблицы, сведения о конструкции покрытия и способе упрочнения, можно сделать следующие **выводы**:

1. Упрочнение только одной передней поверхности долота любым исследованным способом неэффективно. При срабатывании упрочненного слоя начинается интенсивный износ боковых поверхностей, имеющих большую массу, приводящий к резкому (катастрофическому) износу всего рабочего органа. Долото принимает серповидную и клиновидную форму и становится неработоспособным.

2. Максимальную износостойкость в условиях полевого эксперимента продемонстрировали долота, упрочненные комбинированным покрытием 4-й и 5-й конструкций: ТВЧ-наплавка передней поверхности сплавом ПС-14-60 + ЭИН боковых поверхностей сплавом ВК8 и ТВЧ-наплавка передней поверхности сплавом ПГ-С27, совмещенная с борированием + ЭИН боковых поверхностей сплавом ВК8. Весовой износ этих долот составил величину от 6,9 до 8,3%;

3. ТВЧ-закалка долота проявляет положительный эффект только у рабочих органов, упрочненных по всем элементам их поверхности. Упрочненные комбинированным покрытием и закаленные долота проявляют в 1,5-2 раза более высокую износостойкость.

4. В качестве наиболее эффективного способа упрочнения долот для производства и сельхозпредприятий можно рекомендовать замену ТВЧ-наплавки передней поверхности процессом ЭВДУ металлокерамики, электроискровое легирование боковых поверхностей (утолщений) – более дешевым сплавом Т15К6 взамен ВК8 и ТВЧ-закалку упрочненного долота в зоне утолщений.

Библиографический список

1. Халанский В.М., Горбачев И.В. Сельскохозяйственные машины: учебник. – М.: Колос, 2004. – 624 с.
2. Анутов Р.М., Котельников В.Я., Козьявин А.А., Котельников А.В., Тищенко Д.Е., Серебровский В.В. Влияние износа рабочих органов на технологические параметры культиватора // Современные наукоемкие технологии. – 2012. – № 11. – С. 12-14.
3. Primera DMC: информационный проспект на нем [Электрон. дан.] / режим доступа: <http://info.amazone.de/DisplayInfo.aspx?id=27704>.
4. Дрейер Х. Детальное рассмотрение сошника сеялки Primera DMC: информационная страничка к сеялке Primera DMC ... [Электрон. дан.] / Режим доступа: <http://info.amazone.de/DisplayInfo.aspx?id=14841>.

5. ГОСТ 27674-88 «Трение, изнашивание и смазка. Термины и определения». – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 20 с.

6. Бурлакова Л.М., Татаринцев Л.М., Рассыпнов В.А. Почвы Алтайского края: учеб. пособие. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 1988. – 72 с.

7. Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технологии восстановления деталей машин. – М.: ГОСНИТИ, 2003. – 488 с.

8. Ткачев В.Н. Работоспособность деталей машин в условиях абразивного изнашивания. – М.: Машиностроение, 1995. – 336 с.

9. Егоров Н.Т., Подгайский М.С., Разумова Л.И. Изменение структуры малоуглеродистых сталей в зависимости от температуры нагрева // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1979. – № 11. – С. 40-43.

10. Дьяченко С.С. Образование аустенита в железо-углеродистых сплавах. – М.: Металлургия, 1982. – 128 с.

11. Термическая обработка в машиностроении: справочник / под ред. Ю.М. Лахтина, А.Г. Рахштадта. – М.: Машиностроение, 1980. – 783 с.

12. Ткачев В.Н., Фиштейн Б.М., Казинцев Н.В., Алдырев Д.А. Индукционная наплавка твердых сплавов. – М.: Машиностроение, 1970. – 163 с.

13. Слухотский А.Е., Рыскин С.Е. Индукторы для индукционного нагрева. – Л.: Энергия, 1974. – 264 с.

14. Ишков А.В., Кривочуров Н.Т., Мишустин Н.М. и др. Износостойкие боридные покрытия для почвообрабатывающих органов сельхозтехники // Вестник АГАУ. – 2010. – № 9. – С. 71-74.

15. Мишустин Н.М., Ишков А.В. О скоростном ТВЧ-борировании сталей: монография // Наука и эпоха / под общ. ред. О.И. Кирикова. – М.: Наука-информ; Воронеж: Изд-во ВГПУ, 2012. – Кн. 9. – С. 128-145.

16. Сидоров А.И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. – М.: Машиностроение, 1987. – 192 с.

17. Электроискровое легирование металлических поверхностей: справочник / под ред. Ю.Н. Петрова. – Кишинев: Штиинца, 1985. – 196 с.

18. Бойцов А.Г., Машков В.Н., Смоленцев В.А., Хворостунин Л.А. Упрочнение поверхностей деталей комбинированными способами. – М.: Машиностроение, 1991. – С. 127-134.

References

1. Khalanskii V.M., Gorbachev I.V. Sel'skokhozyaistvennye mashiny: uchebnik. – М.: Kolos, 2004. – 624 s.
2. Anutov R.M., Kotel'nikov V.Ya., Kozya-
vin A.A., Kotel'nikov A.V., Tishchenko D.E.,
Serebrovskii V.V. Vliyanie iznosa rabochikh

organov na tekhnologicheskie parametry kul'tivatora // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. – 2012. – № 11. – S. 12-14.

3. Primera DMC: informatsionnyi pro-spekt na nem [Elektron. dan.] / rezhim dos-tupa: <http://info.amazone.de/DisplayInfo.aspx?id=27704>.

4. Dreier Kh. Detal'noe rassmotrenie soshnika seyalki Primera DMC: informatsion-naya stranichka k seyalke Primera DMC ... [Elektron. dan.] / Rezhim dostupa: <http://info.amazone.de/DisplayInfo.aspx?id=14841>.

5. GOST 27674-88 «Trenie, iznashivanie i smazka. Terminy i opredeleniya». – M.: Izd-vo standartov, 1992. – 20 s.

6. Burlakova L.M., Tatarintsev L.M., Rasy-pnov V.A. Pochvy Altaiskogo kraya: ucheb. posobie. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 1988. – 72 s.

7. Chernov Ivanov V.I., Lyalyakin V.P. Orga-nizatsiya i tekhnologii vosstanovleniya detalei mashin. – M.: GOSNITI, 2003. – 488 s.

8. Tkachev V.N. Rabotosposobnost' detalei mashin v usloviyakh abrazivnogo iznashivaniya. – M.: Mashinostroenie, 1995. – 336 s.

9. Egorov N.T., Podgaiskii M.S., Razumo-va L.I. Izmenenie struktury malouglerodi-stykh staley v zavisimosti ot temperatury nagreva // Metal-lovedenie i termicheskaya obrabotka metallov. – 1979. – № 11. – S. 40-43.

10. D'yachenko S.S. Obrazovanie austenita v zhelezo-uglerodistykh splavakh. – M.: Me-tallurgiya, 1982. – 128 s.

11. Termicheskaya obrabotka v mashino-stroenii: spravochnik / pod red. Yu.M. Lakh-tina, A.G. Rakhshadta. – M.: Mashinostroe-nie, 1980. – 783 s.

12. Tkachev V.N., Fishtein B.M., Kazintsev N.V., Aldyrev D.A. Induktsionnaya naplavka tverdykh splavov. – M.: Mashinostroenie, 1970. – 163 s.

13. Slukhotskii, A.E., Ryskin S.E. Induk-tory dlya induktsionnogo nagreva. – L.: Energiya, 1974. – 264 s.

14. Ishkov A.V., Krivochurov N.T., Mishu-stin N.M. i dr. Iznosostoikie boridnye pokrytiya dlya pochvoobrabatyvayushchikh organov sel'khoztekhniki // Vestnik AGAU. – 2010. – № 9. – S. 71-74.

15. Mishustin N.M., Ishkov A.V. O skoro-stnom TVCh-borirovanii staley: monografiya // Nauka i epokha / pod obshch. red. O.I. Ki-rikova. – M.: Nauka-inform; Voronezh: Izd-vo VGPU, 2012. – Kn. 9. – С. 128-145.

16. Sidorov A.I. Vosstanovlenie detalei mas-hin napyleniem i naplavkoi. – M.: Ma-shinostroenie, 1987. – 192 s.

17. Elektroiskrovoe legirovanie metal-licheskih poverkhnostei: spravochnik / pod red. Yu.N. Petrova. – Kishinev: Shtiintsya, 1985. – 196 s.

18. Boitsov A.G., Mashkov V.N., Smolen-tsev V.A., Khvorostunin L.A. Uprochnenie po-verkhnostei detalei kombinirovannymi spo-sobami. – M.: Mashinostroenie, 1991. – S. 127-134.



УДК 631.363.2.001.57

У.К. Сабиев, Д.Н. Пирожков, И.У. Сабиев
U.K. Sabiyev, D.N. Pirozhkov, I.U. Sabiyev

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ФУРАЖНОГО ЗЕРНА ПРИ ПОМОЩИ УДАРА ЛЕЗВИЕМ

SOME REGULARITIES OF GRINDING FEEDER GRAIN USING IMPACT BY BLADE

Ключевые слова: зерновка, удар лезвием, процесс измельчения, резание, скалывание, трещина, разрушение, однородность состава, удельная энергоемкость.

Keywords: kernel, impact by blade, grinding process, cutting, chipping action, crack, destruction, homogeneity of composition, energy density