

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК

УДК 631.31.02

DOI 10.26897/1728-7936-2018-5-35-39

ЩИЦЫН ВЛАДИСЛАВ ЮРЬЕВИЧ, канд. техн. наук, доцент¹

E-mail: avtokon56@yandex.ru

КАСТЕЛЛ ЭРНАНДЕС САНТЯГО ЭСТЕБАН, аспирант^{1,2}

E-mail: santiago.castell@yandex.ru

ВОЛКОВ АЛЕКСЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ, аспирант¹

E-mail: rf-33@yandex.ru

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, ул. Тимирязевская, 49, Москва, Российская Федерация

² Национальный институт аграрных наук; 32700, дорога Тапасте км 3 ½, Сан-Хосе-де-лас-Лахас, Маябек, Куба

ТЕХНОЛОГИЯ ВИБРОДУГОВОГО УПРОЧНЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЕРРОДОБАВОК ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УСЛОВИЯМ РЕСПУБЛИКИ КУБА

Рассмотрен процесс восстановления деталей методом вибродугового упрочнения применительно к условиям Республики Куба. Изучены способы и методы упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных машин и предложен более экономически выгодный вариант обработки на основе использования металлокерамических порошков. Представлена последовательность выполнения технологии упрочнения и проведен ряд натурных экспериментов в сравнении с неупрочненными рабочими органами. Эксперимент проводился на каменистых почвах провинции Пинар-дель-Рио Республики Куба на тракторе New Holland TT-4030 с культиватором ИМПАГ-6. В качестве износостойкого покрытия долот использовался металлокерамический порошок ПГ-10Н-01. Для оценки степени износа долот использовался параметр потери массы в граммах. Построен график износа. Установлено, что обработка данным способом рабочих органов почвообрабатывающей техники позволит уменьшить износ на 25% при обработке 100 га и на 35% – при обработке 200 га. Результаты эксперимента показали возможность увеличения срока службы органов обработки почвы с помощью процессов вибродугового упрочнения и использования металлокерамических порошков. Сделаны выводы об эффективности данной операции применительно к условиям Республики Куба.

Ключевые слова: износ, трение, металлокерамические порошки, вибродуговое упрочнение, твердость, композит.

Введение. Куба является сельскохозяйственной страной, она уделяет особое внимание развитию этой отрасли. Повышение продуктивности почвы, правильное использование удобрений, рост урожайности, рациональное внедрение новых технологий и ускоренный темп механизации представляют собой области, где были достигнуты существенные успехи. Несмотря на развитие этой области, у сельскохозяйственной техники есть сильный ограничивающий фактор, ставящий под угрозу её долговечность и техническое обслуживание, – это износ новых рабочих деталей из-за низкого качества [1]. Еще одна причина для упрочнения рабочих органов – хрупкость закаленных деталей после термоупрочняющих методов, так как закаленная сталь не очень устойчива к знакопеременным нагрузкам и ударам в условиях каменистых почв Кубы [2].

Поэтому для получения высокой износостойкости и продления сроков работы оборудования необходимо упрочнить поверхностный слой деталей машин, остальные же слои оставить пластичными.

Цель исследований – изучить методику упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных машин и найти экономически выгодный вариант применительно к условиям Республики Куба.

Материал и методы. Для упрочнения деталей используют сплавы, образующиеся путем смешивания сухих порошков металлов, иногда в сочетании с другими элементами, такими как керамика или полимеры.

Нанесение износостойких твердосплавных покрытий с помощью вибродугового упрочнения является одним из самых эффективных способов снижения абразивного изнашивания рабочих по-

верхностей деталей сельскохозяйственных машин, таких как лемеха плугов, диски борон, лапы культиваторов и т.д.

В основе таких материалов предлагается использовать недорогие и доступные композиционные металлокерамические составы (МКС), включающие в себя оксид алюминия (Al_2O_3), оксид кремния (SiO_2), а также боронитридные соединения, алюминий (Al) или бемид ($AlOOH$), матричный компонент – стальной порошок [3, 4].

Процессы поверхностного упрочнения стали используются для замедления износа с помощью процедуры изменения химического состава или микро-

структуры поверхности, но почти все они являются дорогостоящими.

В соответствии с принципом использования экономически выгодных элементов применяется порошок ПГ-10Н-01, матричный компонент – металлокерамический порошок (табл. 1). Цена покупки его на рынке меньше чем 70 \$ за килограмм. Он является разновидностью порошков для сварки, которые используются с целью нанесения на поверхность деталей и оборудования специального покрытия. Часто этот тип никелевых порошков применяется для восстановления или упрочнения инструментов, используемых в суровых климатических условиях [5, 6].

Таблица 1

Химический состав матричного компонента ПГ-10Н-01

Матричный компонент	Элементы композиции (массовое содержание, %)					
	Cr	B	Si	Fe	C	Ni
ПГ-10Н-01	14...20	2,8...4,2	4,0...4,5	3...7	0,6...1,0	63,3...75,6

Порядок выполнения работ в соответствии с протоколом исследования:

1. *Определение вариантов и групп для обработки.*

Имеется шесть долот культиватора, которые разделены на две группы. На первом варианте необходимо провести вибродуговое упрочнение с использованием ферродобавок, второй – без обработки (табл. 2).

Таблица 2

Варианты обработки

Вариант	Количество проходов	Интенсивность, А
I	2	80
II	Без обработки	

2. *Маркировка долот культиватора.*

Необходимо сделать метки на внутренней стороне для идентификации долот в дальнейшем.

3. *Очистка области обработки долот.*

Выполняется тщательная очистка поверхности металла в зоне обработки.

4. *Нанесение пасты.*

Смесь матричного компонента с жидким стеклом и нанесение слоем толщиной от 0,5 до 2,0 мм в области обработки.

5. *Сушка.*

Процесс сушки происходит в печи в течение 20-30 мин при температуре 50...70°C.

6. *Упрочнение с помощью вибродуговой станции.*

Для осуществления работ используется сварочное оборудование ДИ-406 и вибратор ВДУ-2 с графитовым электродом на средних частотах с интенсивностью 80 А [7, 8].

При замыкании графитового электрода вибратором со стальным изделием возникает электрическая дуга и плавление нанесённой металлокерамической пасты

и частично подложки. Упрочнение детали происходит за счёт наплавляемого металлокерамического компонента и диффузионного насыщения углеродом и легирующими компонентами пасты. Качество обработанного слоя характеризуется слабой шероховатостью, без перегрева и перегибов. Последовательность технологических процессов представлена на рисунке 1 [9, 10, 11].

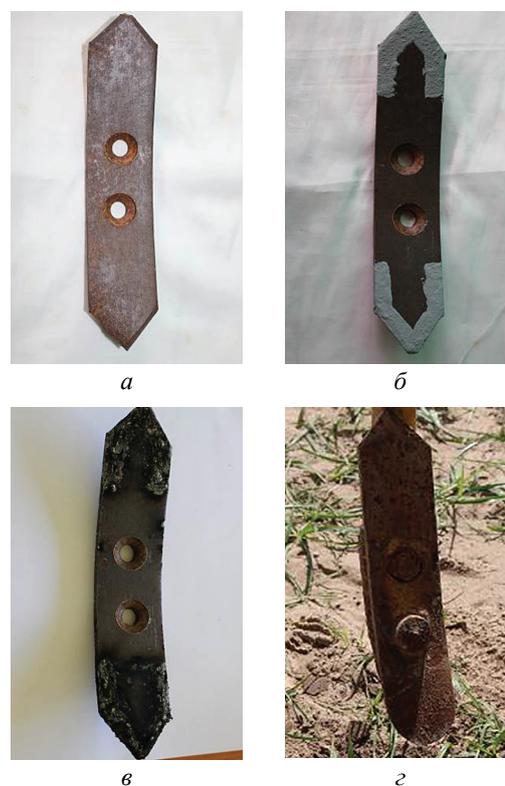


Рис. 1. Последовательность технологических процессов: а – очистка; б – нанесение пасты; в – наплавка; з – монтаж

7. Операция сборки долот и формирование агрегата для подготовки почвы.

На рисунке 2 представлен трактор New Holland TT-4030 с культиватором ИМПАГ-6 бразильского производства с суточной производительностью 10 га за смену.



Рис. 2. Трактор New Holland TT-4030 с культиватором ИМПАГ-6

Результаты и обсуждение. Для оценки степени износа долот использовался параметр потери массы (г), исходя из первоначального среднего веса долот 824 г, и цикла измерения 10 дней. Исследования проводились в условиях Зернового агропромышленного комплекса Лос Паласиос провинции Пинар-дель-Рио при подготовке почвы и обработке междурядий [12-17].

Последующий сбор и анализ эксперимента были выполнены студентом и специалистом Национального института сельскохозяйственных наук Кубы, полученные результаты позволяют сформировать динамическую кривую износа долот (рис. 3) и демонстрируют эффективность применения процессов виброуглового упрочнения.

Результаты эксперимента показали, что обработка рабочих органов почвообрабатывающей техники методом виброуглового упрочнения позволит уменьшить износ на 25% при обработке 100 га и на 35% – при обработке 200 га.

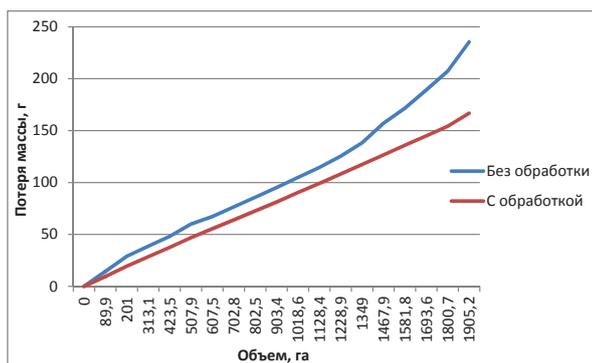


Рис. 3. Кривые динамики износа

Выводы

В условиях Кубы рекомендуется применять метод упрочнения рабочих органов почвообрабатывающей техники с использованием металлокерамических порошков.

8. Фермерская деятельность и периодический контроль.

Работа проводилась с ноября 2016 г. до марта 2017 г., охватив более 90% сухого периода подготовки почвы в условиях Кубы.

Библиографический список

1. Гайдар С.М. Планирование и анализ эксперимента: Монография. М.: Росинформагротех, 2015. 548 с.
2. Гайдар С.М., Жигарев В.Д., Кравченко И.Н., Овчинников В.А. Термодинамические расчеты процесса охлаждения продуктов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза в теплогенерирующем реакторе // Технология металлов. 2016. № 7. С. 28-40.
3. Устройство для инициирования реакции самораспространяющегося высокотемпературного синтеза: Патент на полезную модель RU16355020.01.2016 / С.М. Гайдар, В.Д. Жигарев, А.А. Волков, А.В. Пыдрин, К.В. Воднев, В.А. Богданов.
4. Gaidar S.M., Zhigarev V.D., Kravchenko I.N., Ovchinnikov V.A. Thermodynamic calculations of the cooling of the products of self-propagating high-temperature synthesis in a heat-generating reactor. Russian metallurgy (Metally). 2016. Т. 2016. № 13. С. 1257-1267. DOI: 10.1134/S0036029516130036.
5. Гайдар С.М., Жигарев В.Д., Кравченко И.Н. Разработка интенсивного технологического процесса получения тугоплавких СВС-продуктов в энерготехнологическом комплексе с утилизацией тепловой энергии // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2016. № 6. С. 30-33.
6. Гайдар С.М. Применение нанотехнологий для повышения надежности и долговечности машин и механизмов // В сб.: Ресурсосберегающие технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки от нано- до макроуровня: Материалы 12-й Междунар. науч.-практ. конф. 2010. С. 81-85.
7. Гайдар С.М., Карелина М.Ю., Приходько В.М., Волков А.А. Оптимизация технологического процесса синтеза тугоплавких соединений // Технология металлов. 2017. № 5. С. 25-27.
8. Гайдар С.М., Жигарев В.Д., Кравченко И.Н., Суховерхов В.Ф. Герметизация тонкостенных емкостей для высокоактивных химических реагентов путем пайки // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2016. № 8. С. 15-18.

9. Карелина М.Ю., Гайдар С.М., Тайсаев К.К., Жигарев В.Д., Волков А.А. Лабораторное устройство для химического инициирования процесса СВС // Грузовик. 2016. № 10. С. 25-27.

10. Стендовая кумулятивно-химическая установка: Патент на изобретение RUS15803326.06.2015 / Е.В. Быкова, К.В. Быков, С.М. Гайдар, В.Д. Жигарев, М.Ю. Карелина, А.Л. Дмитревский.

11. Гайдар С.М., Волков А.А. Оптимизация режимов измельчения тугоплавких материалов, получаемых методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2016. № 5 (75). С. 40-43.

12. Гайдар С.М., Карелина М.Ю., Волков А.А. Устройство для воспламенения высокоактивного химического реагента при получении тугоплавких материалов // Технология металлов. 2017. № 4. С. 33-36.

13. Гайдар С.М., Жигарев В.Д., Волков А.А., Карелина М.Ю. Производство порошковых тугоплавких продуктов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза в режиме непрерывного горения // Технология металлов. 2017. № 7. С. 37-41.

14. Гайдар С.М., Тайсаев К.К., Карелина М.Ю., Жигарев В.Д. Экспериментальные исследования по регулированию фракционного состава тугоплавких порошковых СВС-продуктов // Грузовик. 2016. № 9. С. 15-17.

15. Кравченко И.Н., Гайдар С.М., Карелина М.Ю., Сяляев Н.И. Оптимизация процесса формирования равнотолщинных газотермических покрытий // Техника и оборудование для села. 2015. № 12. С. 38-42.

16. Gaidar S.M., Karelina M.Y., Zhigarev V.D. Optimization of self-propagating high-temperature synthesis using a halogen fluoride as an igniter for reagents // Russian metallurgy (Metally). 2016. T. 2016. № 13. С. 1268-1270. DOI: 10.1134/S0036029516130048.

17. Гайдар С.М., Жигарев В.Д., Алимов В.В., Волков А.А. Изготовление порошковых тугоплавких продуктов СВС в режиме непрерывного производства // Международный научный журнал. 2017. № 3. С. 48-57.

Статья поступила 11.04.2018

TECHNOLOGY OF VIBRATION-ARC HARDENING WITH FERRO ADDITIVES AS APPLIED IN THE REPUBLIC OF CUBA

VLADISLAV YU. SHCHITSYN, PhD (Eng), Associate Professor¹

E-mail: avtokon56@yandex.ru

SANTIAGO ESTEBAN CASTELL HERNÁNDEZ, PhD student^{1,2}

E-mail: santiago.castell@yandex.ru

ALEKSEI A. VOLKOV, PhD student¹

E-mail: rf-33@yandex.ru

¹ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya Str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

² National Institute of Agricultural Sciences; 2700, Road Tapaste km 3 ½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

The paper contains information about the necessity and relevance of the process of restoration of parts by the method of vibration-arc hardening as exemplified by the experience of the Republic of Cuba. The authors have studied ways and methods of strengthening of working bodies of agricultural machines, so they can offer a more economically feasible option of treatment based on the use of metal-ceramic powders. The sequence of implementation of the hardening technology is presented and a number of full-scale experiments are carried out as compared with non-fixed working bodies. The experiment was carried out on rocky soils of the province of Pinar del Rio of the Republic of Cuba on the tractor New Holland TT-4030 with the ИМПИАГ-6 cultivation unit. Metal-ceramic powder ПГ-10N-01 was used as wear-resistant coating of chisels. To estimate the wear rate of chisels, use was made of the mass loss parameter measured in grams. The authors have made its depreciation scheme and established that treatment of tillage equipment tools with this method will allow to reduce wear by 25% in processing of 100 ha, and by 35% in processing of 200 ha. The experiment results have shown that it is possible to increase the service life of soil processing tools with the help of vibration-arc hardening and the use of metal-ceramic powders. The authors have made some conclusions about the effectiveness of this operation in relation to the conditions of the Republic of Cuba.

Key words: wear, friction, metal-ceramic powders, vibration-arc hardening, hardness, composite.

References

1. Gaidar S.M. Planirovaniye i analiz eksperimenta: Monografiya [Planning and analysis of an experiment:

Monograph]. Moscow, Rosinformagrotekh, 2015. 548 p. (In Rus.)

2. Gaidar S.M., Zhigarev V.D., Kravchenko I.N., Ovchinnikov V.A. Termodinamicheskiye rascheti

protsesta okhlazhdeniya produktov samorasprostranyayushchegosya vysokotemperaturnogo sinteza v teplogeneriruyushchem reaktore [Thermodynamic calculations of the cooling process of the products of self-propagating high-temperature synthesis in a heat-generating reactor]. *Tekhnologiya metallov*, 2016; 7: 28-40. (In Rus.)

3. Ustroystvo dlya initsirovaniya reaktsii samorasprostranyayushchegosya vysokotemperaturnogo sinteza: Patent na poleznuyu model' RUS16355020.01.2016 [A device for initiating a reaction of self-propagating high-temperature synthesis. Patent for a utility model RUS163550] / S.M. Gaidar, V.D. Zhigarev, A.A. Volkov, A.V. Pydrin, K.V. Vodnev, V.A. Bogdanov. (In Rus.)

4. Gaidar S.M., Zhigarev V.D., Kravchenko I.N., Ovchinnikov V.A. Thermodynamic calculations of the cooling of the products of self-propagating high-temperature synthesis in a heat-generating reactor. *Russian metallurgy (Metally)*, 2016; 13: 1257-1267. DOI: 10.1134/S0036029516130036. (In Rus.)

5. Gaidar S.M., Zhigarev V.D., Kravchenko I.N. Razrabotka intensivnogo tekhnologicheskogo protsesta polucheniya tugoplavkikh SVS-produktov v energotekhnologicheskoy kompleks s utilizatsiyey teploy energii [Development of an intensive technological process of producing refractory SHS-products in the energy technological facilities with the utilization of heat energy]. *Remont. Vosstanovleniye. Modernizatsiya*, 2016; 6: 30-33. (In Rus.)

6. Gaidar S.M. Primeneniye nanotekhnologiy dlya povysheniya nadezhnosti i dolgovechnosti mashin i mekhanizmov [Applying nanotechnology to improve the reliability and durability of machines and mechanisms]. In: *Resursoberegayushchiye tekhnologii remonta, vosstanovleniya i uprochneniya detaley mashin, mekhanizmov, oborudovaniya, instrumenta i tekhnologicheskoy osnastki ot nano- do makrourovnya: Materialy 12-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*, 2010: 81-85. (In Rus.)

7. Gaidar S.M., Karelina M.Yu., Prikhod'ko V.M., Volkov A.A. Optimizatsiya tekhnologicheskogo protsesta sinteza tugoplavkikh soyedineniy [Optimization of technological process of the synthesis of refractory compounds]. *Tekhnologiya metallov*, 2017; 5: 25-27. (In Rus.)

8. Gaidar S.M., Zhigarev V.D., Kravchenko I.N., Sukhoverkhov V.F. Germetizatsiya tonkostennykh yemkostey dlya vysokoaktivnykh khimicheskikh reagentov putem payki [Sealing of thin-walled containers for highly reactive chemicals by soldering]. *Remont. Vosstanovleniye. Modernizatsiya*, 2016; 8: 15-18. (In Rus.)

9. Karelina M.Yu., Gaidar S.M., Taysayev K.K., Zhigarev V.D., Volkov A.A. Laboratornoye ustroystvo dlya khimicheskogo initsirovaniya protsesta SVS [Labora-

tory device for chemical initiation of the SHS-process]. *Gruzovik*, 2016; 10: 25-27. (In Rus.)

10. Stendovaya kumulyativno-khimicheskaya ustanovka: Patent na izobreteniy RUS15803326.06.2015 [Cumulative-chemical bench installation] / Ye.V. Bykova, K.V. Bykov, S.M. Gaidar, V.D. Zhigarev, M.Yu. Karelina, A.L. Dmitrevskiy. (In Rus.)

11. Gaidar S.M., Volkov A.A. Optimizatsiya rezhimov izmel'cheniya tugoplavkikh materialov, poluchayemykh metodom samorasprostranyayushchegosya vysokotemperaturnogo sinteza [Optimization of comminution modes of refractory materials produced by self-propagating high-temperature synthesis]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*, 2016; 5 (75): 40-43. (In Rus.)

12. Gaidar S.M., Karelina M.Yu., Volkov A.A. Ustroystvo dlya vosplamneniya vysokoaktivnogo khimicheskogo reagenta pri poluchenii tugoplavkikh materialov [Device for the ignition of highly active chemical reagents in the production of refractory materials]. *Tekhnologiya metallov*, 2017; 4: 33-36. (In Rus.)

13. Gaidar S.M., Zhigarev V.D., Volkov A.A., Karelina M.Yu. Proizvodstvo poroshkovykh tugoplavkikh produktov samorasprostranyayushchegosya vysokotemperaturnogo sinteza v rezhime nepreryvnogo goreniya [Production of powder of the refractory products of self-propagating high-temperature synthesis in the continuous burning mode]. *Tekhnologiya metallov*, 2017; 7: 37-41. (In Rus.)

14. Gaidar S.M., Taysayev K.K., Karelina M.Yu., Zhigarev V.D. Eksperimental'nyye issledovaniya po regulirovaniyu fraktsionnogo sostava tugoplavkikh poroshkovykh SVS-produktov [Experimental studies on the regulation of the fractional composition of refractory powder SHS-products]. *Gruzovik*, 2016; 9: 15-17. (In Rus.)

15. Kravchenko I.N., Gaidar S.M., Karelina M.Yu., Salyayev N.I. Optimizatsiya protsesta formirovaniya ravnotolshchinnyykh gazotermicheskikh pokrytiy [Optimizing the formation process of equal-thickness thermal spray coatings]. *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela*, 2015; 12: 38-42. (In Rus.)

16. Gaidar S.M., Karelina M.Y., Zhigarev V.D. Optimization of self-propagating high-temperature synthesis using a halogen fluoride as an igniter for reagents. *Russian metallurgy (Metally)*, 2016; 13: 1268-1270. DOI: 10.1134/S0036029516130048. (In Rus.)

17. Gaidar S.M., Zhigarev V.D., Alimov V.V., Volkov A.A. Izgotovleniye poroshkovykh tugoplavkikh produktov SVS v rezhime nepreryvnogo proizvodstva [Production of refractory powder SHS-products in the continuous production mode]. *Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal*, 2017; 3: 48-57. (In Rus.)

The paper was received on April 11, 2018