

УДК 631.312.02

Совершенствование технологии плазменно - порошковой наплавки дисковых борон

Слинко Дмитрий Борисович^{1,2}

maks52@inbox.ru

Федоренко Даниил Алексеевич^{1,2}

o.jar.dan.fed@gmail.com

¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия² ФНАЦ ВИМ, Москва, Россия

Аннотация. Для упрочнения дисковой бороны была реализована технология плазменно-порошковой наплавки, в рамках которой была проведена модернизация порошкового питателя и плазмотрона, которая позволила расширить их технологические возможности, повысить ремонтпригодность и улучшить их эргономические показатели. Для повышения качества плазменно-порошковой наплавки использовался предварительный подогрев дисковой бороны плазменной дугой до $T = 150^\circ\text{C}$ с обеспечением формирования наплавленного слоя с твердостью HRC 59 без пор и трещин на пониженных токах (140 А) по сравнению с наплавкой без подогрева на токах (200 А).

Ключевые слова: дисковая борона, упрочнение, наплавка, износостойкость, плазменно-порошковая наплавка, порошковый материал, предварительный подогрев

Improvement of plasma - powder surfacing technology for disc harrows

Slinko Dmitry Borisovich^{1, 2}

maks52@inbox.ru

Fedorenko Daniil Alekseevich^{1, 2}

o.jar.dan.fed@gmail.com

¹ BMSTU, Moscow, Russia² Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia

Abstract. To hardface the disc harrow, plasma-powder surfacing technology was implemented. This involved modernizing the powder feeder and plasma torch, which expanded their technological capabilities, improved maintainability, and enhanced ergonomic performance. To improve the quality of plasma-powder surfacing, the disc harrow was preheated with a plasma arc to $T=150^\circ\text{C}$. This ensured the formation of a deposited layer with a hardness of HRC 59, free of pores and cracks, at reduced currents (140 A) compared to surfacing without preheating at higher currents (200 A).

Keywords: disc harrow, hardfacing, surfacing, wear resistance, plasma-powder surfacing, powder material, preheating

Рабочие органы сельскохозяйственной техники в процессе эксплуатации подвержены интенсивному абразивному износу в условиях постоянной работы в агрессивной среде, непосредственно в контакте с почвой. Под действием этой среды лезвие диска быстро изменяет свою форму, что приводит к его затуплению и, в конечном счете, потере работоспособности. Нарботка дисковых

рабочих органов составляет в среднем 30–40 га [1]. В связи с этим, разработка технологии упрочнения рабочих органов, в частности, дисковых борон, является актуальной задачей.

Цель работы — повышение ресурса работы дисковой бороны DANA БДП-4×4М, выполненной из стали 65Г (ТД АЛМАЗ г. Барнаул).

Основным дефектом дисковых борон является износ зубьев износ по толщине (Δt) режущей кромки и наружному диаметру (ΔL) (рис. 1).

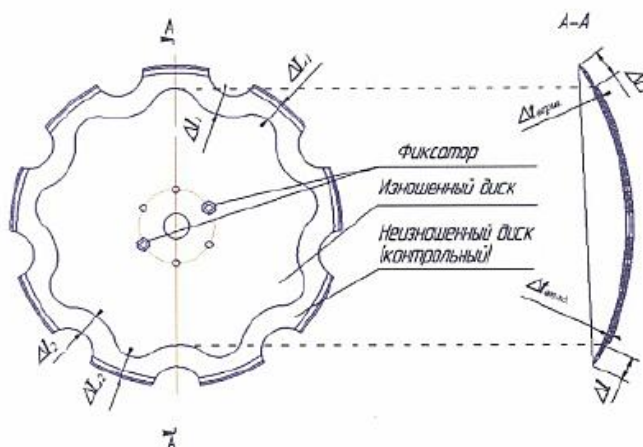


Рис. 1. Вид и расположение износа дисковой бороны

В настоящее время наиболее эффективны сварочно-наплавочные методы упрочнения рабочих органов, в том числе дисковых борон. Наибольшее распространение получили дуговые методы наплавки их рабочей части износостойкими материалами, в частности плазменно-порошковая наплавка [2, 3].

Надежность и качество плазменно-порошковой наплавки, в первую очередь, зависит от стабильности работы самих установок, основными узлами которых являются порошковый питатель и плазматрон [4]. В связи с вышеизложенным, была проведена модернизация этих узлов для реализации плазменно-порошковой наплавки по схеме с внешней подачей порошка в дугу (рис. 2).

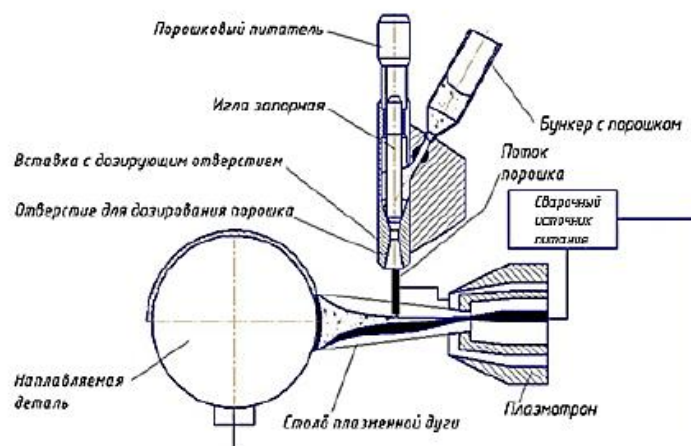


Рис. 2. Схема плазменно-порошковой наплавки с внешним способом подачи порошка в дугу

Основная конструктивная задача модернизации порошкового питателя — обеспечить возможность точной регулировки подачи порошка в более широком диапазоне. Разработанная модернизация порошкового питателя (рис. 3) позволяет расширить его технологические возможности и получить более качественный наплавочный слой по сравнению с другими типами порошковых питателей за счет возможности регулировки и равномерной подачи порошка в зону наплавки.

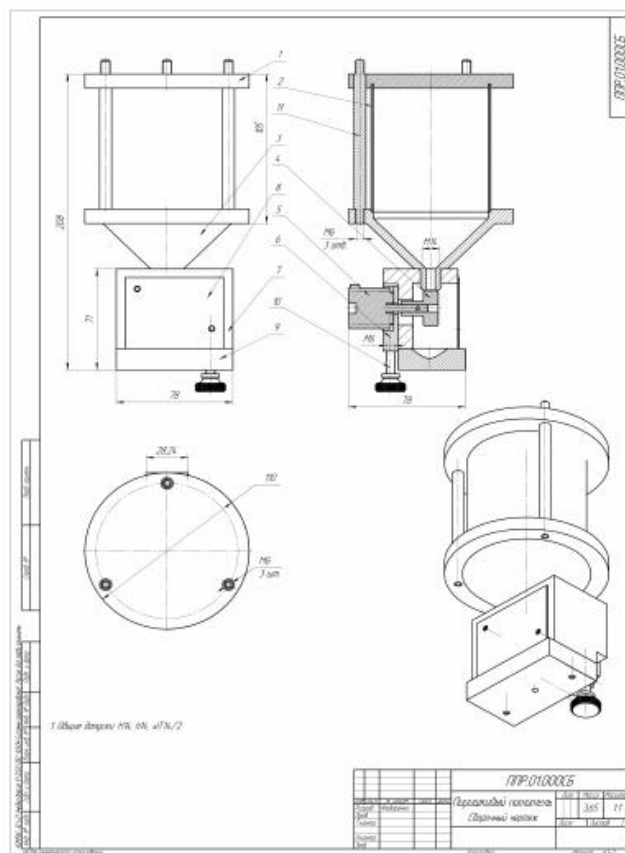
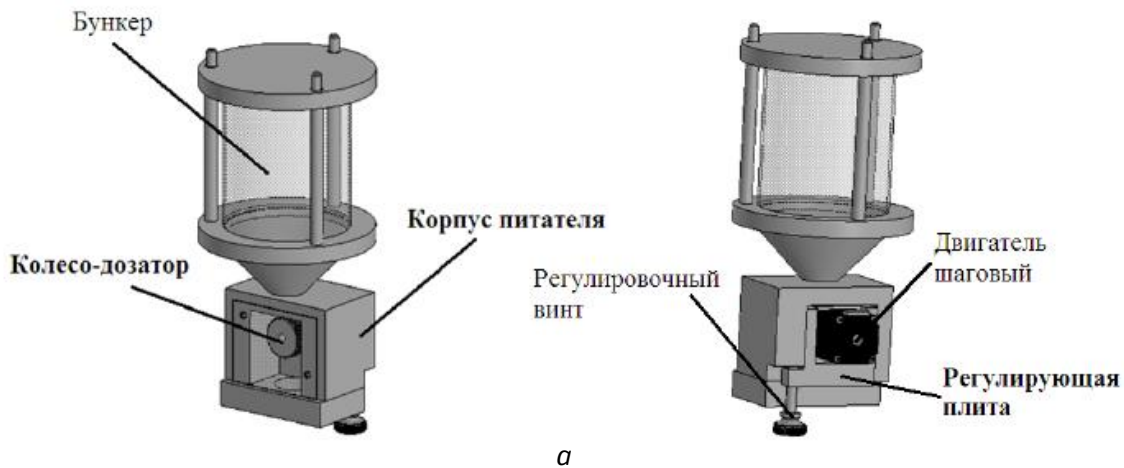


Рис. 3. Модернизированный порошковый питатель для плазменно-порошковой наплавки:
а – схема; б – сборочный чертеж

На следующем этапе была проведена модернизация базового плазмотрона, представленного на рис. 4. При всей надежности и простоте конструкции данный плазмотрон не отвечает современным требованиям, т. к. имеет следующие недостатки:

- ограниченность установки плазмотрона в пространстве;
- отсутствие эргономичного фактора в конструкции подвода магистралей;
- быстроизнашиваемость сопла и недостаточная проработка сопловой части плазмотрона.

В результате модернизации эти недостатки были устранены. Основные преимущества модернизированного плазмотрона представлены на рис. 5:

- все подающие магистрали собраны в стандартный шланг-пакет для горелок;
- универсальность установки плазмотрона для различных деталей и оснасток;
- возможность замены сопла (наиболее сильно изнашиваемой детали плазмотрона), что также обеспечивает возможность регулировки режима наплавки за счет изменения его геометрии.

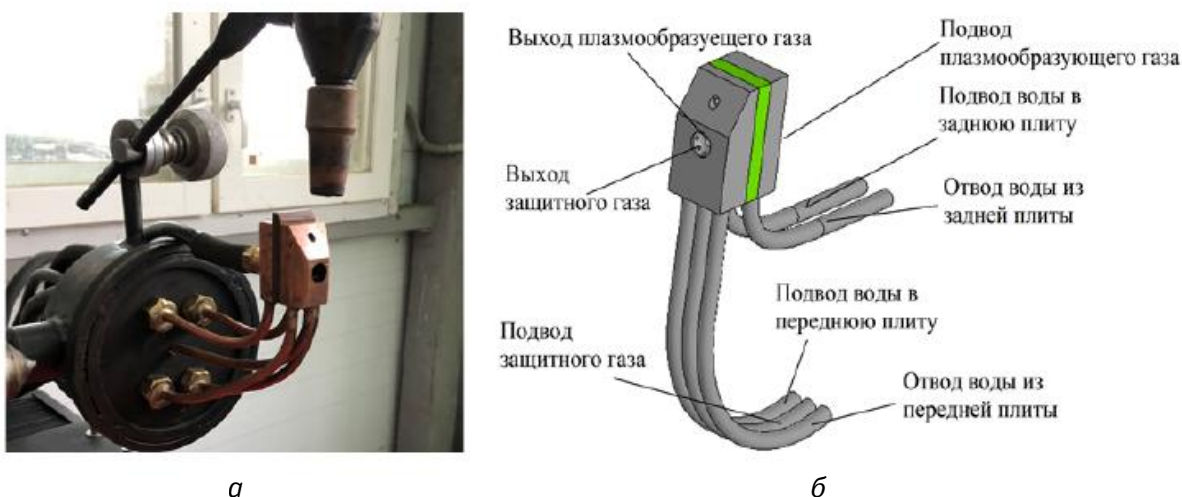


Рис. 4. Базовый плазмотрон для плазменно-порошковой наплавки с внешней подачей порошка в дугу:

а — фото; *б* — схема

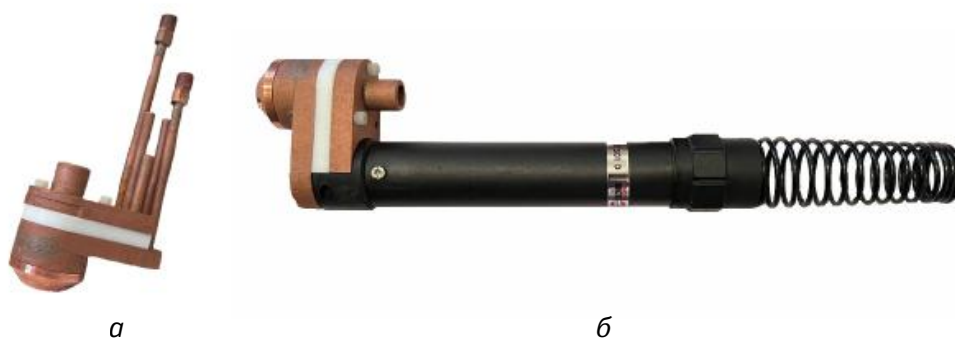


Рис. 5. *а* — фото модернизированного плазмотрона;
б — фото модернизированного плазмотрона со стандартным шланг-пакетом

Известно, что сварка-наплавка высокоуглеродистых закаливающих сталей, в частности 65Г, приводит к образованию дефектов в виде технологических трещин. В связи с этим, для исключения подобных дефектов наплавка таких сталей рекомендуется с предварительным подогревом, что дает возможность формировать наплавленный слой на пониженных токах, обеспечивая снижение тепловложения и вероятности образования технологических трещин в наплавленных валиках и ЗТВ [5].

При выборе способа подогрева были рассмотрены различные методы подогрева, такие как печной нагрев, газопламенный нагрев, нагрев ТВЧ и нагрев плазменной дугой. Из их анализа следует, что самым рациональным и технологичным способом из рассмотренных является подогрев детали перед наплавкой плазменной дугой без подачи порошка.

Выбор параметров режимов предварительного подогрева до $T = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$, которая была выбрана опытным путем на основании ранее проведенных исследований [6], и последующей наплавки дисковой бороны проводились на образце-вале из стали 40Х диаметром 50 мм на различных режимах (табл. 1).

Таблица 1

Режимы плазменно-порошковой наплавки

Параметры наплавки		Режим № 1	Режим № 2	Режим № 3
Скорость вращения детали, об/мин	при подогреве	–	4,5	6
	при наплавке	10	4,5	2,5
Поперечная подача плазмотрона (шаг наплавки), мм/об		6	6	6
Ток наплавки, А	при подогреве	–	120	140
	при наплавке	200	150	140
Напряжение наплавки, В		24	20	20
Расход наплавочного порошка, г/мин		50–55		
Расход плазмообразующего газа, л/мин		2–4		
Расход защитного газа, л/мин		7–8		
Расход охлаждающей жидкости, л/мин		3–4		

Из анализа полученных данных следует, что режим № 1 (без подогрева) с рабочим током 200 А характеризуется повышенным тепловложением и высокой вероятностью возникновения дефектов в наплавленном слое деталей из закаливающих сталей, в отличие от режимов № 2 и 3 (с подогревом), которые обеспечивают формирование наплавленных валиков на токе 140 А.

Режим № 2 с различными значениями тока подогрева и наплавки является нетехнологичным, т. к. предусматривает необходимость выполнения подогрева и наплавки на различных токах. В связи с этим, окончательно был выбран режим № 3 с одинаковыми значениями тока подогрева и наплавки ($I =$

= 140 А) и с различными скоростями подогрева ($V_{\text{под}} = 0,75$ об/мин) и наплавки ($V_{\text{н}} = 0,32$ об/мин), что достаточно просто обеспечивается программным обеспечением установки для плазменно-порошковой наплавки.

Для разработки технологии плазменно-порошковой наплавки дисковых борон DANA было проведено исследование по выбору порошкового материала, исходя из его экономической целесообразности и требуемой твердости, которая должна находиться в диапазоне 50–65 HRC. Для наплавки предварительно были выбраны порошки марок ПГ-С27, ПР-НХ4СЗР, ПР-Н9Г4СР (ФМИ-5) по критериям твердости и цены [7]. Экспериментальная оценка этих порошковых материалов была проведена при наплавке образцов из стали 40Х (рис. 6), близкой по своим технологическим свойствам к стали 65Г, из которой была выполнена дисковая борона. В результате экспериментов был выбран порошок марки ПГ-С27, обеспечивающий наилучший результат по твердости (табл. 2).

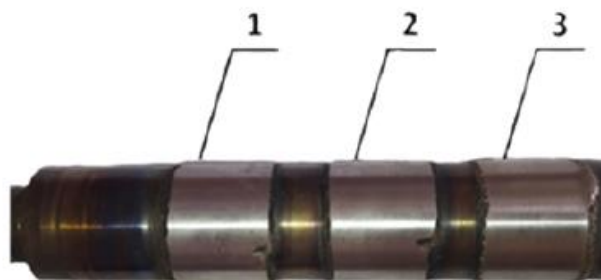


Рис. 6. Наплавленный образец — вал $\varnothing 50$ из Ст40Х:
1 — ПГ-С27; 2 — ПР-НХ4СЗР; 3 — ПР-Н9Г4СР(ФМИ 5)

Таблица 2

Результаты по твердости наплавленных слоев

Порошковая композиция	Твердость, HRC		Формирование наплавленного слоя
	Данные производителя	Результаты измерений	
ПГ-С27	50–55	54–58	Удовлетворительное
ПР-НХ4СЗР	30–35	34–43	Удовлетворительное
ПР-Н9Г4СР (ФМИ 5)	40–45	48–56	Удовлетворительное

Реализация выбранного режима и порошкового материала при наплавке дисковой бороны с предварительным подогревом на установке для плазменно-порошковой наплавки (рис. 7, а) обеспечивает получение наплавленного слоя с необходимыми геометрическими размерами без пор и трещин (рис. 7, б) и повышение твердости поверхности с изначальных HRC = 30 ед. до HRC = 56 ед., что обеспечивает более высокий уровень износостойкости и, как следствие, повышение ресурса работы дисковой бороны DANA.

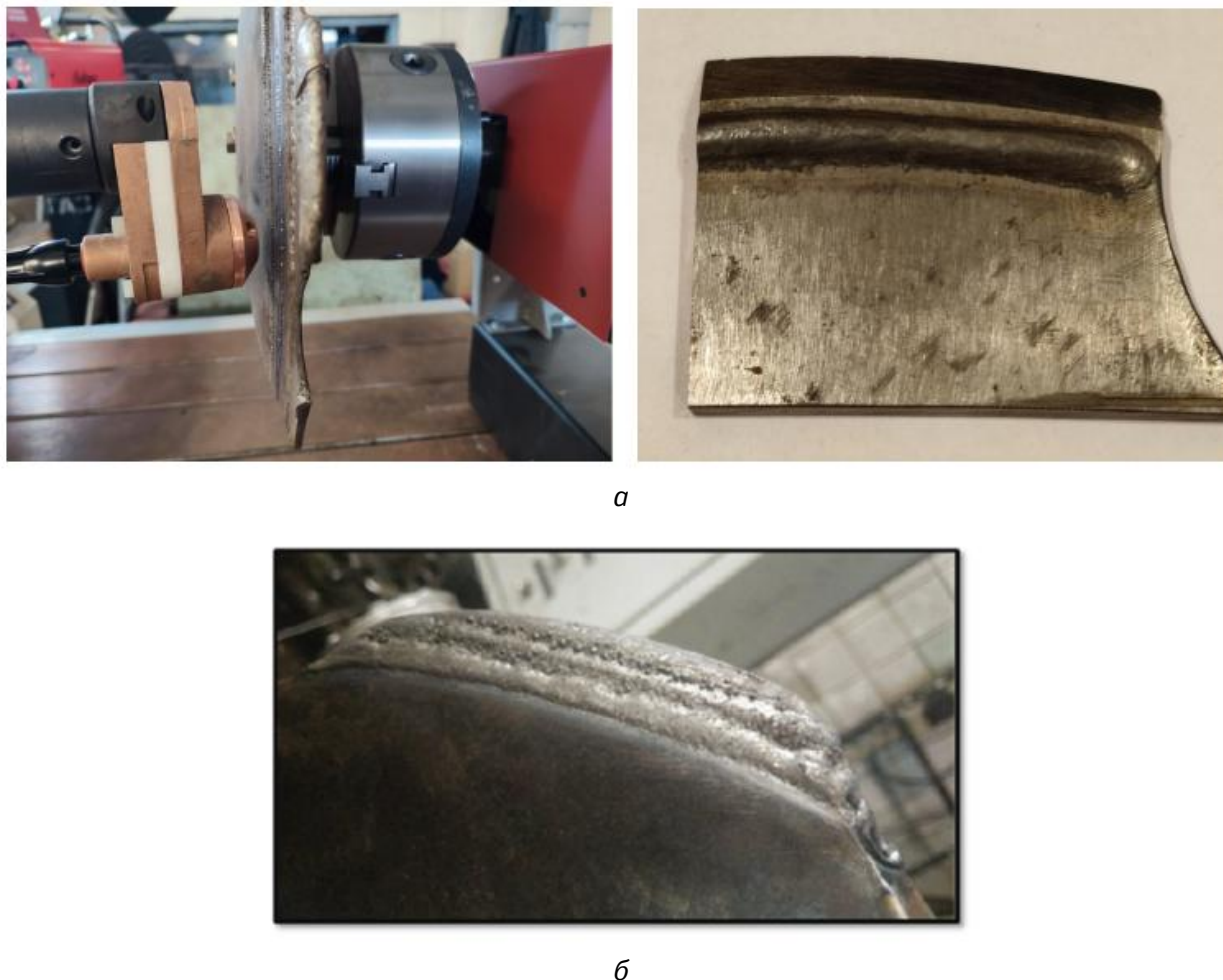


Рис. 7. а — фото модернизированного плазмотрона на портальной установке;
б — образцы зуба дисковой бороны с наплавленными валиками

Закключение. Для упрочнения дисковой бороны марки DANA была выбрана технология плазменно-порошковой наплавки с внешней схемой подачи порошка. Проведена модернизация порошкового питателя и плазмотрона, которая позволила расширить их технологические возможности, повысить ремонтпригодность и улучшить их эргономические показатели. Для повышения качества плазменно-порошковой наплавки закаливаемых сталей использовался предварительный подогрев плазменной дугой до $T = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$, обеспечивающий формирование наплавленного слоя на пониженных токах (140 А) по сравнению с наплавкой без подогрева на токах (200 А). Технология плазменно-порошковой наплавки с предварительным подогревом была реализована для упрочнения дисковой бороны DANA с формированием наплавленного слоя с твердостью в среднем до $\text{HRC} = 56$ ед. без пор и трещин.

Список источников

- [1] Новиков В.С. *Упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин*. Москва, МГАУ им. В.П. Горячкина, 2013, 112 с.
- [2] Лялякин В.П., Слинко Д.Б. *Наплавка металлов*. Москва, Академия, 2016, 189 с.

- [3] Миронов Д.А. *Обоснование конструктивно-материаловедческих параметров, обеспечивающих повышение ресурса и работоспособности лемешных рабочих органов*. Дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2017, 235 с.
- [4] Соснин Н.А., Ермаков С.А., Тополянский П.А. *Плазменные технологии. Руководство для университетов*. Санкт-Петербург, Изд-во Политех. ун-та, 2013, 406 с.
- [5] Сидоров А.И. *Применение плазменного нагрева для восстановления деталей сельскохозяйственной техники*. Москва, ВСХИЗО, 1979, 84 с.
- [6] Афанасьев А.В., Слинко Д.Б., Денисов В.А. Компьютерное моделирование условий работы дисков борон. *Технический сервис машин*, 2024, т. 62, № 2, с. 71–76.
- [7] Нефедьев С.П., Емелюшин А.Н. *Плазменное упрочнение поверхности деталей*. Старый Оскол, ТНТ, 2021, 152 с.