

2. Финишная антифрикционная безабразивная обработка (ФАБО) деталей / В. Ф. Карпенков [и др.]. – Пушино: МГАУ им. Горячкина, 1996. – 78 с.

3. Брезгунов, Г. В. Теоретическое исследование химических процессов, происходящих при фрикционно-механическом нанесении медных покрытий на зеркало чугунной гильзы цилиндра / Г. В. Брезгунов // Эксплуатация, ремонт и восстановление сельскохозяйственной техники. – Горки: БСХА, 1997. – С. 38–42.

4. Брезгунов, Г. В. Влияние концентрации соляной кислоты в глицерине на эффективность фрикционно-механического меднения наружных поверхностей чугунных деталей / Г. В. Брезгунов // Актуальные проблемы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2001. – Ч. 2. – С. 167–171.

5. Устройство для фрикционно-механического нанесения покрытий: пат. U 2516. Республика Беларусь, МПК: C23C 26/00 / Г. В. Брезгунов, А. В. Брезгунов. – № 20050471; заявл. 02.08.05; опубл. 28.02.06 // Бюллетень № 1 (48). – С. 3.

6. Лозовский, В. Н. Диагностирование авиационных топливных и гидравлических агрегатов на основе избирательного переноса / В. Н. Лозовский. – Москва: Транспорт, 1979. – 294 с.

7. Брезгунов, Г. В. Изучение поверхности после обработки методом ФАБО // Улучшение эксплуатационных показателей двигателей, тракторов и автомобилей / Г. В. Брезгунов. – СПб.: СПГАУ, 2002. – С. 287.

Аннотация. Описана методика определения температуры в зоне трения при фрикционном меднении прутковым инструментом.

Ключевые слова: фрикционно-механическое меднение, ПАВ, покрытие, температура, термопара.

УДК 631.31.02:621.791.927.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ, ФОРМИРУЕМЫХ КАРБОВИБРОДУГОВЫМ УПРОЧНЕНИЕМ, ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Н. В. ТИТОВ, канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет
имени Н. В. Парахина»,
Орел, Российская Федерация

Введение. Для повышения ресурса деталей машин, эксплуатируемых в абразивной среде, в настоящее время успешно используются композитные покрытия, формируемые способом карбовибродугового упрочнения (КВДУ) с использованием многокомпонентных паст (МКП) [1–7]. Сущность способа КВДУ состоит в том, что на рабочую

поверхность детали, подлежащую упрочнению, наносится слой МКП с последующим его высушиванием до отверждения.

После этого между угольным электродом установки для КВДУ и упрочняемой поверхностью с нанесенной МКП зажигается электрическая дуга. При ее горении из компонентов МКП происходит формирование композитного покрытия. В состав МКП, используемых для КВДУ, входят стальная матрица, упрочняющие компоненты (карбиды, оксиды, бориды) и криолит Na_3AlF_6 , улучшающий зажигание дуги [2, 3, 5–10].

Толщина и эксплуатационные характеристики композитных покрытий зависят от состава и концентрации компонентов, используемых МКП. В связи с этим целью проведенных исследований являлось уточнение рационального состава МКП, наиболее оптимального для упрочнения деталей машин, эксплуатируемых в абразивной среде.

Основная часть. В качестве матрицы МКП, по результатам анализа научных публикаций [3, 7–9, 11], использовали порошок ПР-НХ17СР4. В качестве керамических компонентов МКП использовали карбиды вольфрама WC и кремния SiC .

Содержание керамических компонентов в составе МКП, по рекомендациям работ [3, 8, 9], принимали равным 20 % и 30 %. Для КВДУ использовали установку ВДГУ-2, а процесс упрочнения осуществляли на следующих режимах: сила тока – 60–70 А, частота и амплитуда вибрации угольного электрода – 25 Гц и 1,1 мм [6, 8, 9, 11–15].

Толщину и микротвердость композитных покрытий, сформированных при КВДУ, определяли на поперечных шлифах с использованием микротвердомера ПМТ-3М-01, оснащенного возможностью обработки информации посредством персонального компьютера. Сравнительную износостойкость покрытий определяли на установке ИМ-01. Длительность проводимых испытаний составляла 30 мин, в качестве абразивного материала использовали кварцевый песок дисперсностью 0,16–0,32 мм.

Проведенные исследования показали, что на толщину композитного покрытия, сформированного при КВДУ, в наибольшей степени влияет толщина слоя МКП. До толщины слоя МКП 2,2–2,3 мм толщина покрытия практически линейно возрастает.

При дальнейшем увеличении толщины слоя МКП качество покрытия и его толщина снижаются, что связано с увеличением напряженности электрического поля, которую необходимо обеспечить для зажигания дуги при КВДУ [3, 16]. При толщине слоя МКП свыше 2,6 мм по-

лучить качественное композитное покрытие при КВДУ невозможно. Использование различных керамических компонентов в составе МКП значительного влияния на толщину сформированного покрытия не оказывает. В среднем толщина покрытия находится в диапазоне 0,9–1,05 мм.

В ходе проведенных исследований были также получены значения микротвердости композитных покрытий, полученных при КВДУ с использованием МКП различного состава (таблица).

Микротвердость композитных покрытий, сформированных при КВДУ

Состав используемой МКП	Микротвердость HV композитного покрытия при содержании керамического компонента в составе МКП, % по массе	
	20	30
ПР-НХ17СР4 (матрица), WC	985	1115
ПР-НХ17СР4 (матрица), SiC	845	930

Наибольшую микротвердость имеют композитные покрытия, сформированные с использованием МКП, содержащей 30 % WC. Среднее значение микротвердости в этом случае составляет 1115 HV. Микротвердость композитных покрытий, сформированных с использованием МКП, содержащих SiC, является более низкой. При содержании в составе МКП 30 % SiC она составляет 930 HV.

Также необходимо отметить, что при приближении к границе раздела «покрытие – основной металл» микротвердость покрытий снижается в среднем на 20–25 % вне зависимости от состава МКП.

При проведении лабораторных сравнительных испытаний на изнашивание композитных покрытий, сформированных с использованием МКП, содержащей 30 % WC, в сравнении со сталью 65Г, принятой за эталон, было установлено, что их износостойкость в среднем в 2,4 раза выше.

Заключение. Таким образом, проведенные исследования позволили определить состав МКП, рациональный для формирования композитных покрытий способом КВДУ: порошок ПР-НХ17СР4 – 60 % по массе, карбид вольфрама WC – 30 % по массе, остальное – криолит Na_3AlF_6 .

Использование МКП рационального состава при КВДУ деталей машин, эксплуатируемых в абразивной среде, позволит значительно повысить их ресурс в эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Упрочнение поверхностей режущих элементов сельскохозяйственных агрегатов вибродуговой плазмой / С. Н. Шарифуллин [и др.] // Труды ГОСНИТИ. – 2016. – Т. 122. – С. 145–151.
2. The microstructure of composite cermet coatings produced by carbo-vibroarc surfacing / A. V. Kolomeychenko [et al.] // *Welding International*. – 2017. – V. 31, Nr. 9. – P. 739–742.
3. Виноградов, В. В. Повышение износостойкости стрельчатых лап почвообрабатывающих орудий карбовибродуговым упрочнением их режущих поверхностей: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / В. В. Виноградов // Воронежский государственный аграрный университет имени Императора Петра I. – Воронеж, 2017. – 16 с.
4. Задорожний, Р. Н. Металлографические исследования стальных образцов, упрочненных карбовибродуговой наплавкой / Р. Н. Задорожний, С. П. Тужилин // Труды ГОСНИТИ. – 2016. – Т. 124. – № 2. – С. 57–61.
5. Щицын, В. Ю. Технология вибродугового упрочнения с использованием ферродобавок применительно к условиям республики Куба / В. Ю. Щицын, Э. С. Э. Кастелл, А. А. Волков // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». – 2018. – № 5. – С. 35–39.
6. Титов, Н. В. Универсальная технология восстановления и упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин / Н. В. Титов, А. В. Коломейченко // Труды ГОСНИТИ. – 2015. – Т. 121. – С. 291–297.
7. Kolomeichenko, A. V. Technology of reconditioning with hardening of working elements of construction and road machines by composite coatings / A. V. Kolomeichenko, N. V. Titov, Yu. N. Baranov // IOP Conference Series ICMTMT 2019. – Sevastopol State University, National University of Science and Technology «MISIS», Polzunov Altai State Technical University, Crimean Federal University, Inlink Ltd. and International Union of Machine Builders, 2020. – P. 044009.
8. Титов, Н. В. Повышение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин путем нанесения металлокерамических покрытий / Н. В. Титов // Тракторы и сельхозмашины. – 2018. – № 6. – С. 27–31.
9. Результаты производственной проверки экспериментальных упрочненных износостойкими материалами ножей скоростных плугов / Н. В. Титов [и др.] // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2020. – № 3 (27). – С. 90–97.
10. Теплофизические характеристики многокомпонентных паст для нанесения упрочняющих покрытий / Н. В. Титов [и др.] // Клеи. Герметики. Технологии. – 2020. – № 12. – С. 2–7.
11. Титов, Н. В. Повышение ресурса быстроизнашиваемых деталей сельскохозяйственной техники / Н. В. Титов // Механизация и автоматизация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве. – Воронеж: Воронежский ГАУ, 2020. – С. 574–578.
12. Исследование микроструктуры композиционных металлокерамических покрытий, полученных карбовибродуговой наплавкой / А. В. Коломейченко [и др.] // Сварочное производство. – 2016. – № 11. – С. 3–7.
13. Titov, N. V. Innovative method of tillage tool hardening / N. V. Titov, A. V. Kolomeichenko, N. N. Litovchenko // *Vestnik OrelGAU*. – 2014. – Nr. 2 (47). – P. 42–48.
14. Исследование влияния режимов и параметров карбовибродугового упрочнения на толщину металлокерамического покрытия / Н. В. Титов [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2016. – № 9. – С. 34–37.

15. Обзор способов повышения долговечности быстро изнашиваемых деталей сельскохозяйственной техники / Н. В. Титов [и др.] // Научно-практические аспекты развития АПК. – Красноярск: Красноярский ГАУ, 2020. – С. 220–223.

16. Особенности зажигания электрической дуги при карбовибродуговом упрочнении рабочих органов сельскохозяйственных машин / Н. В. Титов [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2016. – № 4. – С. 34–38.

Аннотация. Рассмотрены особенности способа карбовибродугового упрочнения (КВДУ) деталей машин с использованием многокомпонентных паст, позволяющего значительно повысить ресурс упрочненных деталей.

Целью проведенных исследований являлось определение состава пасты, наиболее рационального для формирования способом КВДУ композитных покрытий на рабочих поверхностях деталей машин, эксплуатируемых в абразивной среде.

Определены толщина, микротвердость и износостойкость поверхностей, упрочненных КВДУ с использованием многокомпонентных паст различного состава. По результатам проведенных исследований определен состав пасты, рациональный для формирования композитных покрытий способом КВДУ: порошок ПР-НХ17СР4 – 60 % по массе, карбид вольфрама WC – 30 % по массе, остальное – криолит Na_3AlF_6 .

При проведении лабораторных сравнительных испытаний на изнашивание композитных покрытий, сформированных с использованием пасты данного состава, в сравнении со сталью 65Г, принятой за эталон, было установлено, что их износостойкость в среднем в 2,4 раза выше. Таким образом, использование многокомпонентной пасты рационального состава при КВДУ деталей машин, эксплуатируемых в абразивной среде, позволит значительно повысить их ресурс в эксплуатации.

Ключевые слова: композитное покрытие, карбовибродуговое упрочнение, ресурс, многокомпонентная паста, абразивная среда.