УДК 630.16

# ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ВДУ НА ОБРАЗЦАХ ИЗ СТАЛИ 65Г

**А.В. Казаков, д-р биол. наук, зав. кафедрой ТМиРМ,**
**А.В. Пасин, д-р техн. наук, декан,**
**А.И. Чупин, магистр, старший преподаватель,**
**Р.С. Тимофеев, магистр,**
**Р.И. Гаязов, старший преподаватель**
*ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет имени Л.Я. Флорентьева», г. Нижний Новгород, Российская Федерация*
chupinalexey2002gmail.com

*Аннотация.* В статье исследована износостойкость металлокерамического покрытия, полученного методом вду на образцах из стали 65Г.

*Abstract.* The article investigates the wear resistance of a cermet coating produced by the injection method on 65G steel specimens.

*Ключевые слова:* износостойкость, металлокерамичекие покрытия, сталь 65Г.
*Keywords:* wear resistance, cermet coatings, 65G steel.

## Актуальность исследования

В настоящее время для ремонта и упрочнения деталей машин применяются различные способы с использованием энергии электрической дуги и различных электродных материалов, позволяющие формировать покрытия для восстановления геометрии, упрочнения и защиты от действия повреждающих факторов. Наиболее перспективными являются электроискровая обработка и вибродуговое упрочнение деталей [1-5]. Применение способа вибродугового упрочнения (ВДУ) и карбовибродугового упрочнения (КВДУ) рабочих органов почвообрабатывающей техники с использованием графитовых электродов и присадочных материалов, позволяет наплавлять металлокерамические износостойкие покрытия]. В результате вибродуговой наплавки покрытия ресурс увеличивается в 3–3,5 раза по сравнению с серийными деталями [4].

Известно, что характер и результат воздействия ВДУ на обрабатываемую поверхность зависит от параметров режима обработки, электродных материалов и др. При использовании в качестве анода графитового электрода, в зависимости от режима ВДУ, про-

исходит формирование неоднородного поверхностного слоя со специфическим рельефом поверхности в виде наплывов. При этом упрочняющий эффект связан с насыщением поверхности углеродом при сублимации графитового электрода, и формированием закалочных структур. При использовании различных присадок, содержащих упрочняющие и легирующие элементы, получают покрытия с лучшими показателями твёрдости и износостойкости, чем серийные детали. Однако режимы ВДУ графитовым электродом для получения упрочняющего покрытия с заданными свойствами, в зависимости от состава присадок, изучены не достаточно.

**Результаты и обсуждение**

В результате применения ВДУ с силой тока I = 40-50 А на поверхности образцов формировалось композитное покрытие с несплошной поверхностью. Рельеф поверхности образован оплавлением материалов пасты и основы в виде неровностей и наплывов округлой формы на поверхности образца. Профиль неровностей в основном выпуклый с высотой 0,2-0,8 мм и шириной следа 5-6 мм. Сплошность покрытия составляет 70-80%.

Полученные данные показывают, что износостойкость опытных образцов превышает показатель контрольного образца из стали 65 Г в 1,5-3,5 раза. Лучшие показатели износостойкости отмечаются у образцов 2,3,5,6, а максимальный показатель у образца 3 (18,8 ч/г). Значения тока 40-50А позволяют расплавить материал пасты на поверхности образцов без значительного нагрева самой деталии сформировать покрытие в виде наплывов округлой формы диаметром 1-2 мм. Скорость изнашивания опытных образцов в зависимости от состава пасты и силы тока 40-50А имеет знакопеременный характер, что указывает на необходимость дополнительных исследований. Образцы 5,6 имеющие в составе пасты 40% $BC_4$ и 10% флюса имеют износостойкость в 2,7-3 раза выше контрольного образца.

На рисунке 1 приведены значения относительной износостойкости образцов 1,2,3,4,5,6 в сравнении с контрольным образцом К.




Рисунок 1 – График относительной износостойкости образцов:
К-контрольный образец, 1,2,3,4,5,6 – опытные образцы

## Выводы

Вибродуговое упрочнение деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин с применением графитового электрода и порошковых материалов, содержащих Fe, ВС4, Cu, $Al_2O_3$ в качестве присадок позволяет получить металлокерамические покрытия с улучшенными свойствами износостойкости по сравнению с серийными деталями. Установлено, что износостойкость образцов с композитным покрытием была выше контрольного образца из стали 65Г в 1,5-3,5 раза.

Установлено, что способом ВДУ при относительно небольших значениях тока 40-50А возможно получать износостойкие покрытия для деталей машин работающих в условиях абразивного износа.

Вибродуговая технология нанесения упрочняющих покрытий на ответственные детали рабочих органов сельскохозяйственных машин позволит повысить их эксплуатационные свойства и продлить срок их службы.

### Список использованной литературы

1. Титов Н.В., Коломейченко А.В., Логачев В.Н. Повышение ресурса рабочих органов машин, эксплуатируемых в абразивной среде, способом карбовибродугового упрочнения // Технический сервис машин. 2023. № 4 (153). С. 97–102. DOI: 10.22314/2618-8287-2023-61-4-97-102.

2. Виноградов В.В. Повышение износостойкости стрельчатых лап почвообрабатывающих орудий карбовибродуговым упрочнением их режущих поверхностей: автореферат диссертации. – 2017. – С. 156. EDN: YPOGIH.

3. Титов Н.В., Коломейченко А.В., Басинюк В.Л. Исследование металлокерамических покрытий с наноразмерным Al2O3, формируемых при карбовибродуговом упрочнении // Новые огнеупоры. 2021. № 11. С. 52–56. DOI: 10.17073/1683-4518-2021-11-52-56.

4. Литовченко Н.Н., Куликов В.Н., Коротков В.Н. Восстановление деталей с упрочнением вибродуговым методом // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2017. № 12. EDN: PCPECV.

5. Байниязова А.Т. Разработка технологического процесса вибрационного метода плазменного упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин: автореферат диссертации. – Казань, 2025. – 24 с.

УДК 621.791.92 : 621.81

# КОМБИНИРОВАННАЯ УПРОЧНЯЮЩАЯ ОБРАБОТКА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ СЕРИИ ХЦМ

**А.В. Миранович, канд. техн. наук, доцент,**
**Д.Е. Афанасенко, аспирант**
*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*
amir@bsatu.by

*Аннотация.* В работе приведены сравнительные исследования физико-механических свойств поверхностей деталей электронасосных агрегатов, полученных магнитно-электрическим упрочнением и комбинированной упрочняющей обработкой.

*Abstract.* The paper presents comparative studies of the physical and mechanical properties of the surfaces of electric pump unit parts obtained by magnetic□electric hardening and combined hardening treatment.

*Ключевые слова:* электронасосный агрегат, центробежный химический насос, износ, дефект, способ, технологическая схема, комбинированная упрочняющая обработка, толщина покрытия, износостойкость, шероховатость.

*Keywords:* electric pump unit, centrifugal chemical pump, wear, defect, method, process flow diagram, combined hardening treatment, coating thickness, wear resistance, surface roughness.

Одними из наиболее широко используемых на предприятиях АПК, пищевой, нефтехимической промышленности и работающих в контакте с агрессивными средами, являются электронасосные агрегаты (ЭНА) с типичными представителями электрооборудования машин и технологических комплексов – центробежными химическими насосами (ЦХН) [1]. При этом долговечность деталей этих насосов определяется их прочностью и износостойкостью.

Следует отметить, что ЭНА серии ХЦМ (герметичные центробежные насосы с магнитной муфтой) имеют бессальниковую конструкцию, что позволяет минимизировать утечки перекачиваемых химически активных и нейтральных жидкостей (кислот, щелочей, органических растворителей, горючих и токсичных жидкостей, ре-