

Список использованных источников

1. Гаджинский А.М. Логистика: Учебник / А. М. Гаджинский – 20-е изд. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К^о», 2012. – 532 с.
2. Сергеев В.И. Менеджмент в бизнес-логистике. – М.: Информационно-издательский дом "ФИЛИНЪ", 1997. – 772 с.
3. Чеботаев А.А. Логистика: Логистические технологии. – М.: Дашков, 2002. – 172 с.

УДК 631.3

ЭЛЕКТРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО УПРОЧНЕНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Магистрант – Богданович А.И., маг 18 тс, ФТС

Научный

*руководитель – Бодиловский А.В., к.т.н., доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация: Рассмотрены новые подходы в выборе электродных материалов для восстановления и упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных машин методом электроискровой обработки.

Ключевые слова: Упрочнение, восстановление, электроискровая обработка, электродные материалы, электроды.

Одним из основных факторов, определяющих эффективность процесса электроискровой обработки (ЭИО), является выбор материала электрода, который должен обладать достаточной прочностью при изгибе и разрыве, хорошей электропроводностью, максимально допустимой электрической эрозией, способствующей наибольшему переносу легирующего материала на упрочняемую поверхность, и содержать в своем составе компоненты, необходимые для получения упроченного слоя с заранее заданными химическими и физико-механическими свойствами.

Исследования в области создания и применения новых материалов для ЭИО определяют перспективу снижения себестоимости образуемого модифицированного слоя, улучшения физико-механических свойств получаемых покрытий и развития способа ЭИО в целом.

В настоящее время для получения электроискрового покрытия с высокой износостойкости на деталях применяют, в основном, тугоплавкие металлы и их соединения, например, твердые сплавы на основе карбидов вольфрама, титана с кобальтовой или никель-молибденовой связкой.

Покрытие, полученное при ЭИО этими материалами обладает достаточно высокой твердостью и износостойкостью [1].

На данный момент проведено много исследований влияния содержания связующего элемента и размера зерна твердых сплавов на величину переноса упрочняющего материала на упрочняемую деталь (привес катода).

Установлено, что наибольшая величина привеса катода наблюдается для высококобальтовых сплавов, независимо от времени обработки. Это объясняется тем, что при ЭИО эрозия анода из высококобальтовых сплавов ВК20 и ВК25, которые содержат большую долю легкоплавкого кобальта, проходит преимущественно за счет его плавления и испарения. В то же время, низкокобальтовые и среднекобальтовые сплавы, содержащие сочетание хрупкой вольфрамовой и легкоплавкой кобальтовой фаз, обладают большей эрозионной стойкостью и соответственно меньшим привесом катода [2].

В работах [3-5] проведено сравнение покрытий, полученных из электрода ВК8, и наноструктурированного электрода того же состава (92% WC – 8% Co), но с размером зерна 70...100 нм. Установлено, что структура электродного материала сильно влияет на состав, структуру и свойства покрытия (твердость, модуль упругости, шероховатость, коэффициент трения, износостойкость).

Наноструктурный электродный материал обладает более высокой эрозионной способностью. Условием его высокой эрозионной способности является: высокая доля границ раздела зерен, равномерность распределения наночастиц по границам зерен тугоплавкой фазы. При использовании наноструктурного электрода содержание карбидной фазы (титана, вольфрама) в покрытии увеличивается с 60 до 95%, в результате чего твердость увеличивается с 6 до 12 ГПа, а коэффициент трения уменьшается с 0,7 до 0,3.

Малый размер зерен обуславливает большую развитость и протяженность межзеренных границ, которые при размере зерен от 100 до 10 нм содержат от 10 до 50% атомов нанокристаллического твердого тела. Это, в свою очередь, определяет комплекс явлений, связанных с изменением свойств вещества за счет увеличения доли вклада поверхности в общие свойства системы. В результате нанокристаллические материалы по свойствам существенно отличаются от обычных поликристаллов, а уменьшение размера зерна рассматривается как эффективный метод изменения свойств материалов.

Вместе с тем надо учитывать, что если критерий твердости полученного легирующего слоя можно с определенными допущениями считать приемлемым для получения износостойких покрытий, то его использование, применительно к покрытиям специального назначения (жаростойким, коррозионностойким и т.д.), непригодно.

Установлено, что твёрдость легированного слоя, полученного при ЭИО твердыми сплавами на основе карбида вольфрама, в связи с их высокой эрозийной стойкостью, соизмерима с твёрдостью слоя, полученного ЭИО графитом [6].

Поэтому, в связи с достаточно высокой стоимостью вольфрама, возникает потребность в применении новых материалов, способных повысить физико-механические и эксплуатационные свойства покрытий, полученных ЭИО.

Так в работе [7] проведены исследования покрытий на основе наноструктурированного карбонитрида титана. Твёрдость таких покрытий достигает 12 ГПа, а износостойкость увеличивается в 1,5 раза.

В работе [3] для получения электроискровых покрытий и придания им улучшенных триботехнических свойств использовали два типа углеродосодержащих материалов: мелкопористый графит (МПГ) и двумерный композиционный материал углерод – углеродное волокно (КМУУ).

Вторичная электроискровая обработка такими материалами покрытия, полученного предварительно с использованием сплава ВК8, приводит к снижению шероховатости поверхности. Так при использовании мелкопористого графита, шероховатость исходного покрытия, уменьшается на 54%, а при обработке композиционным материалом углерод – углеродное волокно – на 60%.

Данный факт обусловлен, как сглаживанием бугров, вследствие их оплавления под действием энергии импульсного разряда, так и заполнением графитом пор и микронеровностей на внешней поверхности. Верхний слой покрытия толщиной 6...8 мкм содержит от 90 до 65% атомов углерода.

Поэтому финишная ЭИО поверхности электроискрового покрытия графитом и двумерным углеродом – углеродным композитом – ведет к снижению коэффициента трения и росту износостойкости, за счет снижения шероховатости, изменения фазового состава покрытий и появления свободного углерода, выполняющего роль твердой смазки [3].

В работах [8-11] представлены результаты исследований структуры, фазового состава и физико-механических свойств электроискровых покрытий, полученных из эвтектических сплавов. Покрытия наносили электродами из порошковых эвтектических сплавов на железной (Fe–Cr–P–C) и никелевой (Ni–Cr–B–Si–C) основах. После ЭИО стали 30ХГСА на поверхности образуется белый нетравящийся слой переменной толщины. В покрытии, кроме аморфной фазы, присутствуют и фазы кристаллические. Одной из причин неполной аморфизации может быть растворение в рассматриваемом слое большого количества металла основы, так как при этом, помимо переноса капель с анода на катод, происходит оплавление катода. Поэтому химический состав покрытия значительно отличается от химического

состава материала электрода. При исследовании покрытий с аморфно-кристаллической структурой на машине торцевого трения без смазочного материала было установлено, что износ исследуемых покрытий в 2...3 раза меньше линейного износа в сравнении с цинированной сталью 30ХГСА и на 5...10% меньше износа покрытий, полученных электродом из сплава ВК8.

Одним из направлений снижения себестоимости является создание материалов из минерального сырья на основе модифицированного вольфрама с одновременным его легирование Cr, Ni, Co, Zr, Fe.

Проведенные исследования в этой области, свидетельствуют о возможности добиться существенного снижения себестоимости образуемого модифицированного слоя [6, 12, 13].

Список использованных источников

1. Верхотуров, А.Д. Технология электроискрового легирования металлических поверхностей / А.Д. Верхотуров, И.М. Муха. – Киев : Техника, 1982. – 181 с.

2. Золотых, Б.Н. Основные вопросы качественной теории электроискровой обработки в жидкой диэлектрической среде / Б.Н. Золотых // Проблемы электроискровой обработки материалов. – М., 1962. – С. 5–43.

3. Замулаева, Е.И. Углеродсодержащие и наноструктурные WC – Co электроды для электроискрового модифицирования поверхности титановых сплавов/ Е.И. Замулаева, Е.А. Левашов, Ж.В. Еремеева [и др.] // Технология металлов. – 2008. – №11. – С. 24–31.

4. Замулаева, Е.И. Упрочнение деталей и инструмента методом электроискрового легирования с применением новых электродных материалов / Е.И.Замулаева, Е.А., Левашов, А.Е. Кудряшов [и др.] // Технологии ремонта, восстановления, упрочнения машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки : мат. 8 междунар. практ. конф. – выст. – СПб., 2006. – Ч.2. – С. 200–209.

5. Левашов, Е.А. Процессы формирования и свойства электроискровых покрытий на титановой подложке, полученных с использованием нано- и микроструктурных электродов WC-Co / Е.А. Левашов, Е.И. Замулаева, А.Е. Кудряшов [и др.] // Известия ВУЗов. Цветная металлургия. – 2006. – № 5. – С. 109.

6. Ярков, Д.В. Формирование функциональных покрытий методом ЭИЛ с применением электродных материалов из минерального сырья дальневосточного региона : дис. канд. тех. наук : 05.02.01 / Ярков Дмитрий Владимирович. – Комсомольск-на-Амуре, 2004. – 187 с.

7. Купцов, С.Г. Новые композиционные материалы для электроискрового легирования / С.Г. Купцов, Д.В. Мухинов, М.В. Фоминых [и др.] // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2007. – №7. – С. 18–19.

8. Гадалов, В.Н. Износо- и коррозионно-стойкие электроискровые покрытия из эвтектических сплавов на стали 30ХГСА / В.Н. Гадалов, Ю.В. Болдырев, Е.В. Иванова [и др.] // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2006 – №1. – С. 22–25.

9. Воробьев, Г.М. Структура поверхностных слоев, полученных электроискровым легированием эвтектических сплавов FeCrPC / Г.М. Воробьев, В.В. Юхненко, А.А. Колбасин // Вопросы формирования метастабильной структуры сплавов. – 1982. – С. 146–150.

10. Алехин, Ю.Г. Электроискровое легирование молотков зернодробилок – эффективный способ повышения их долговечности / Ю.Г.Алехин//Материалы и упрочняющие технологии: сб. матер. XI рос. науч.-техн. конф. – 2004. – С. 202–206.

11. Гадалов, В.Н. Самофлюсующиеся электрофизические покрытия из легированных сплавов на никелевой основе с регулируемыми физико-механическими свойствами / В.Н. Гадалов, Ю.Г. Алехин, Ю.В. Болдырев [и др.] //Материалы и упрочняющие технологии: сб. матер. XI рос. науч.-техн. конф. – 2004. – С. 87– 95.

12. Верхотуров, А.Д. Формирование поверхностного слоя металлов при электроискровом легировании / А.Д. Верхотуров. – Владивосток : Дальнаука, 1995. – 323 с.

13. Мулин, Ю.И. Электроискровое легирование рабочих поверхностей инструментов и деталей машин электродными материалами, полученными из минерального сырья / Ю.И. Мулин, А.Д. Верхотуров. – Владивосток : Дальнаука, 1999. – 110 с.

УДК 339.18 (476)

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Студентка – Пацок Н.А., 21 мо, 4 курс, ФТС

Научные

руководители – Василевский П.Н., ст. преподаватель;

Мисько В.Г., ст. преподаватель

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация: в статье рассмотрены вопросы развития транспортно-логистической деятельности и логистических центров в Республике Беларусь, включая их роль в экономике страны. Приведены преимущества логистической системы и основные концепции ее развития.

Ключевые слова: логистика; система; инфраструктура; логистический центр; концепция.

Логистическую систему следует рассматривать как составную часть экономики Республики Беларусь, связанную с развитием логистических услуг, инфраструктуры и вовлечением предприятий в международные логистические схемы продвижения товаров на мировом рынке [1].

Объем логистических и транспортно-экспедиционных услуг в Республике Беларусь в 2019 году составил около 6 млрд. руб. [2], что показывает значительный рост по сравнению с 2018 годом. В том числе объем логистических услуг – 512,4 млн. руб., из них оказанных в транспортно-