

Бодиловский А.В., кандидат технических наук, доцент;
Анискович Г.И., кандидат технических наук, доцент
Василевский П.Н.

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Аннотация. В статье приводятся сведения о возможностях и задачах по исследованию технологии электроискрового упрочнения применительно к деталям рабочих органов сельскохозяйственных машин.

Ключевые слова: электроискровое упрочнение, электродный материал, электрические параметры, детали сельскохозяйственных машин, режимы, толщина покрытий.

Annotation. The article gives information about opportunities and tasks in the study of electrospark hardening technology as applied to the details of working organs of agricultural machines.

Keywords: hardening electrospark, the electrode material, the electrical parameters, the details of agricultural machinery, modes, coatings thickness.

Введение. Одним из наиболее перспективных направлений повышения надежности и долговечности изнашивающихся деталей машин является упрочнение или модифицирование рабочих поверхностей, обеспечивающих создание поверхностных слоев с более высокими механическими и триботехническими показателями.

В процессе работы поверхностный слой воспринимает нагрузки и осуществляет контакт с внешней средой и поэтому должен успешно сопротивляться пластическим деформациям, срезу – сколу микрообъемов материала, внедрению твердых частиц, а также воздействию агрессивных сред и температур.

Для создания поверхностных слоёв с требуемыми характеристиками (состав, структура, толщина и др.) применяют

различные методы обработки – механические, термические, электрофизические, электрохимические и их сочетание. В результате формируются поверхностные слои с улучшенными характеристиками и противостоящие истиранию, повышенной температуре, коррозии, эрозии и другим факторам, инициирующим изнашивание рабочих поверхностей деталей.

Анализ научных источников [1, 2, 3] показал, что одним из перспективных способов упрочнения поверхности может осуществляться с помощью электроискровой обработки. В результате обработки на поверхности детали образуется новый слой, которому в зависимости от параметров искрового разряда, состава электродного материала, материала обрабатываемой детали и других факторов придаются отличные от исходного состояния свойства, управляемые в широких пределах и обеспечивающие требуемые качества: повышенные микротвердость, износостойкость и другие.

Основная часть. Упрочняющая электроискровая обработка (ЭИО) основана на протекании импульсного разряда между электродом (анодом) и деталью (катодом). Сущность электроискровой обработки заключается в полярном переносе материала электрода на деталь (наращивание) при одновременном термическом воздействии тока и легировании поверхности детали элементами упрочняющего электрода и азота воздуха.

Электроискровое упрочнение и нанесение металла происходит в воздушной или газовой среде при тепловом и химическом действии электрического разряда между поверхностью изделия и упрочняющим электродом, которому сообщается колебательное движение от вибратора. За очень короткое время электроискрового разряда ($10^{-5} - 10^{-8}$ с) через электроды проходит мощный (до 10^6 А/мм²) импульс тока, накопленного в конденсаторах. Температура в межэлектродном зазоре повышается до 11000° С. При такой температуре азот и легирующие элементы, содержащиеся в электроде, легируют поверхность детали, повышая ее физико-механические свойства.

В результате происходит сложный электрофизический процесс, характеризующийся одновременным протеканием следующих явлений:

- идут процессы преимущественного разрушения материала электрода (анода) и образования вторичных структур в рабочей его части;

- осуществляется перенос продуктов эрозии электрода на деталь (катод);

- на поверхности обрабатываемого изделия протекают микрометаллургические процессы;

- элементы материала электрода диффундируют в поверхностный слой изделия; поверхность изделия приобретает новый специфичный рельеф;

- образуется на поверхности изделия измененный слой, включающий белый слой, диффузионную зону и зону термического влияния, при этом изменяются свойства поверхностного слоя;

- формируется поверхностный слой мелкодисперсного состава, вплоть до наноровня;

- происходит изменение размера изделия.

При перемещении анода вдоль обрабатываемой поверхности в газовой атмосфере при многократном действии импульсов электрического разряда будет формироваться покрытие.

Упрочненный слой отличается высокой твердостью, износостойкостью, которые обуславливаются образованием карбидов, нитридов, карбонитридов и закалочных структур [4]. Качество упрочненной поверхности определяется материалом обрабатываемой детали, составом электродного материала, параметрами искрового разряда.

Упрочнение производится электродами из твердых сплавов Т15К6, Т30К4, Т60К6, ВК-3М, ВК-8, феррохрома, ферромарганца, электродами, выплаиваемыми из порошковых самофлюсующихся сплавов типа ПГ-СР4, а также графита ЭГ2 и ЭГ4. Лучшими материалами для упрочнения деталей, работающих при трении скольжения, считаются ферромарганец и твердый сплав Т15К6, а деталей, работающих при трении качения, — феррохром и графит ЭГ2.

В зависимости от величины электрических параметров операции могут выполняться на мягких, средних и жестких режимах [3].

При жестких режимах ($V = 120\text{--}200$ В; $I = 2,5\text{--}4,0$ А; $C = 100\text{--}300$ мкФ) можно наносить слой твердого сплава толщиной

до 0,5 мм, при мягких режимах ($V = 25-50$ В; $I = 0,25-0,5$ А; $C = 10-20$ мкФ) – слой толщиной до 0,2 мм. Для повышения чистоты поверхности рекомендуется вести упрочнение на мягких режимах с последующей обработкой электрографитовым электродом.

К основным специфическим особенностям электроискровой обработки можно отнести:

- высокую прочность сцепления нанесенного материала с основой;

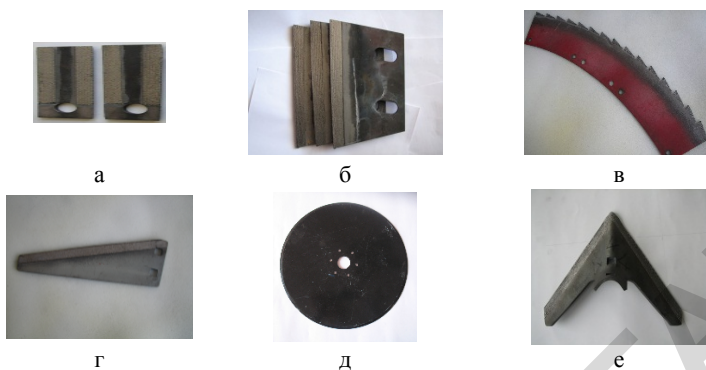
- возможность использования в качестве легирующих материалов как чистых металлов, так и многих сплавов, металлокерамических композиций, тугоплавких соединений и т.п.;

- простоту технологического процесса, малогабаритность транспортабельность оборудования;

- отсутствие нагрева или незначительный объемный нагрев детали в процессе легирования, который мог бы изменить ее физико-механические свойства и геометрию.

Электроискровое легирование можно назвать технологией двойного назначения, поскольку эту технологию можно эффективно использовать как для упрочнения новых, только что изготовленных деталей машин и инструментов, так и для восстановления размеров изношенных деталей с одновременным их упрочнением.

Широкие технологические возможности и достоинства электроискровой обработки являются предпосылками его эффективного, успешного использования на предприятиях сельскохозяйственного машиностроения и ремонтно-обслуживающего производства. Здесь электроискровые технологии могут применяться для упрочнения и восстановления деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин, к которым предъявляются требования высокой твердости и износостойкости рабочей поверхности, повышенных значений ударной вязкости. К таким деталям относятся (рисунок 1) ножи роторных косилок, ножи измельчающего аппарата и жаток кормоуборочных комбайнов, ножи свеклоуборочных комбайнов, диски сеялок, лапы культиваторов и др.



а - ножи роторной косилки; б - ножи измельчающего аппарата кормоуборочного комбайна КВК-800; в - нож жатки кормоуборочного комбайна; г- нож свеклоуборочного комбайна КСН-6; д - диск сеялки; е - стрельчатая лапа культиватора.

Рисунок 1 – Детали рабочих органов сельскохозяйственных машин, рекомендуемые к упрочнению электроискровой обработкой

Наряду с возможностью формирования покрытий с характеристиками широкого диапазона значений, метод ЭИО обладает рядом достоинств, определяющих возможность и целесообразность его использования для решения вопросов упрочнения рабочих органов машин для сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности:

- возможность локального формирования покрытий в строго указанных местах, не защищая при этом остальную поверхность;
- высокая адгезия электроискрового покрытия с основным материалом;
- отсутствие нагрева и деформаций изделия в процессе обработки;
- возможность использования в качестве электродов большинства токопроводящих материалов, как из чистых металлов, так и их сплавов, композиций;
- сравнительная простота технологии, не требуется специальной предварительной обработки поверхности;
- высокая надежность оборудования и простота его обслуживания, оно малогабаритное и ремонтпригодное;
- низкая энергоёмкость ручных и механизированных процессов ЭИО (0,3 – 2,0 кВт);
- высокий коэффициент переноса электродного материала (60-80%).

Нанесение электроискровых покрытий осуществляется как в ручном или механизированном режимах, так и в автоматическом с использованием программно-аппаратного комплекса, что предопределяет широкую возможность дифференциации его использования, на производстве при решении широкого круга задач, в т.ч. на ремонтных предприятиях.

Установка ЭИО производства ГОСНИТИ (рисунок 2), имеется на кафедре технологий и организации технического сервиса БГАТУ. В настоящее время на установке проводятся исследования по упрочнению сменных быстроизнашивающихся деталей кормоуборочной техники: ножей комбайнов и косилок.



Рисунок 2 – Внешний вид установки ЭИО производства ГОСНИТИ

Установка обеспечивает нанесение металлических покрытий с параметрами представленными в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика электроискровых покрытий

Режим	Толщина покрытия, мм	Шероховатость, мкм	Производительность, см ² /мин
1	0,01	3	6
2	0,03	10	6
3	0,1	20	6
4	0,15	30	6
5	0,2	50	6
6	0,3	100	6
7	0,5	300	6

В процессе исследований, выполняемых специалистами кафедры, решаются следующие задачи:

- обосновываются материалы для нанесения упрочняющих электроискровых покрытий на детали рабочих органов машин с учетом условий работы объектов упрочнения, и величины износа их рабочих поверхностей;

- изучаются закономерности образования покрытия и изменения его свойств по толщине, включая основу упрочняемой детали в зависимости от режимов нанесения покрытий;

- проводятся лабораторные (экспериментальных образцов) и эксплуатационные (опытных образцов) упрочненных деталей на износостойкость.

По результатам исследований будут разработаны и переданы для использования заинтересованным предприятиям технологические рекомендации по упрочнению целого ряда сменных деталей кормоуборочной техники.

Заключение. 1. Электроискровые технологии могут применяться для упрочнения и восстановления деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин, к которым предъявляются требования высокой твердости и износостойкости рабочей поверхности, повышенных значений ударной вязкости.

2. В целях изучения закономерностей образования покрытия и изменения его свойств по толщине, включая основу, целесообразно проведение глубоких исследований процесса электроискрового упрочнения ножей кормоуборочной техники и др. деталей, что позволит моделировать этот процесс и получать покрытие с заранее заданными свойствами.

Список использованной литературы

1. Иванов В.И., Бурумкулов Ф.Х. Состояние и развитие электроискровых технологий и оборудования в России и за рубежом // Труды ГОСНИТИ. 2012.– Т.109, ч. 2. – С. 127–139

2. Бурумкулов Ф.Х., Сенин П.В., Лезин П.П., Иванов В.И., Величко С.А., Ионов П.А. Электроискровое легирование металлических поверхностей– Саранск, ИМЭ МГУ, 2004.

3. Электроискровые технологии восстановления и упрочнения деталей машин и инструментов (теория и практика) / МГУ им. Н.П. Огарева и др.; Ф.Х. Бурумкулов, П.П. Лезин, П.В. Сенин, В.И. Иванов, С.А. Величко, П.А. Ионов. – Саранск: тип. «Красный Октябрь», 2003.

4. Верхотуров А.Д., Подчерняева И.А. Прядко Л.Ф., Егоров Ф.Ф. Электродные материалы для электроискрового легирования. – М.: Наука, 1988.