

## К ВОПРОСУ ВЫБОРА СПОСОБА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

*Студент – Мусин В.А., 29 тс, 5 курс, ФТС*

*Научный*

*руководитель – Бодиловский А.В., к.т.н., доцент*

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

Проблема формирования эффективной системы технического сервиса на предприятиях АПК Республики Беларусь, является одной из приоритетных.

Важное место в ремонте машин и поддержании их в работоспособном состоянии принадлежит деталям. Стоимость запасных частей составляет значительную часть в себестоимости капитального ремонта машин, которая достигает в целом 48...70%, увеличиваясь, как правило, с повышением конструктивной сложности машин [1].

Это свидетельствует о значительных возможностях снижения себестоимости ремонта машин за счет сокращения этой статьи расходов путем восстановления бывших в работе деталей.

Важным моментом в организации ремонта является выбор оптимальных методов восстановления деталей.

Сегодня известно множество различных технологий и методов, способных восстановить изношенные детали, но большинство из них либо весьма трудо-, энергоемки и ресурсозатратны, либо не гарантируют получения ожидаемых результатов.

Перспективными направлениями в создании и развитии таких способов являются применение технологий, связанная с использованием концентрированных источников энергии в таких технологиях, как электроискровые, газопламенные, плазменные, ионно-плазменные методы, лазерная обработка, воздействие на поверхность сильно-токовых электронных пучков и др., позволяющих продлевать ресурс новых и восстанавливать изношенные объекты, создавая покрытия различного назначения.

Широкое внедрение методов высокоэнергетической модификации и восстановления поверхностей ограничивается сложностью и высокой стоимостью применяемого оборудования, К недостаткам

высокоэнергетических методов можно также отнести низкую производительность процессов, малую толщину наносимого слоя и глубину упрочнения, и неравномерность физико-механических свойств восстанавливаемых поверхностей.

В настоящее время распространенным методом восстановления изношенных поверхностей является различного рода наплавочные операции и создание функциональных тонких покрытий на обрабатываемых деталях.

Наплавочные технологии просты в использовании, позволяют получать покрытия с высокой адгезией к материалу деталей и значительной толщины. Однако их существенным недостатком являются высокая энергоемкость и значительное тепловое воздействие на восстанавливаемые детали, что требует дополнительных операций по ликвидации последствий этого воздействия.

Широкое применение нашли плазменные технологии – осаждение расплавленного в плазменной струе порошка на поверхность металлов и сплавов. Плазмой называют газ, находящийся в сильно ионизированном состоянии под воздействием различных факторов: температуры, электрического или высокочастотного разряда, детонации. Рабочая температура плазменной струи составляет 7000-15000°С. При плазменном напылении плазма образуется пропусканьем газа (аргон, азот, водород, гелий), через электрическую дугу, которая возбуждается между двумя электродами.

Процесс плазменного напыления состоит в бомбардировке обрабатываемой поверхности частицами расплавленного присадочного материала. Для создания высокопрочных защитных покрытий используются металлические, металлокерамические (на основе твердых сплавов WC-Co, Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>-Ni и др.), керамические порошки (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiC и др.). Таким образом, можно получить высоколегированные композитные слои за счет быстрой закалки из расплавленного состояния, насыщения из газовой среды азотом и углеродом, т.е. путем легирования (перемешивания в жидкой фазе с тугоплавкими металлами) [2].

Детонационное напыление – это процесс нанесения покрытий из порошкообразного материала на обрабатываемую поверхность детали продуктами сгорания, возникающими в результате направленного взрыва газовой смеси. Ускоряясь продуктами сгорания, частицы порошка нагреваются и при динамическом взаимодействии (ударе) с поверхностью детали образуют на ней высокоплотное покрытие [3].

Рассмотренные методы формирования функциональных покрытий, несмотря на неоспоримые достоинства, имеют ряд существенных недостатков. Недостатками метода плазменного напыления являются: низкая прочность сцепления с основой, высокая пористость, нагрев и коробление обрабатываемых деталей, высокая энергоемкость процесса, значительный уровень остаточных напряжений, возникающих в покрытии. Широкое применение плазменного метода напыления сдерживается не только высокой стоимостью наносимых материалов, но и снижением прочностных характеристик покрытий с ростом их толщины, так как для успешной эксплуатации покрытие должно обладать достаточной прочностью сцепления с основой. К недостаткам детонационного напыления относятся: высокий уровень шума при работе установки, высокая стоимость применяемого оборудования.

В качестве варианта формирования покрытий, обеспечивающих повышенные микротвердость, износостойкость, жаростойкость и другие необходимые качества наносимого слоя может применяться метод электроискровой обработки (ЭИО).

Процесс ЭИО металлических поверхностей основан на использовании действия импульсного электрического разряда, проходящего между электродами в газовой среде. Сущность его состоит в том, что при искровом разряде в газовой среде происходит преимущественное разрушение материала электрода (анода) и перенос продуктов эрозии на деталь (катод). На поверхности детали образуется новый слой, которому в зависимости от параметров искрового разряда, состава электродного материала обрабатываемой детали и других факторов можно придать требуемые свойства – повышенную микротвердость, жаростойкость, износостойкость, задиростойкость и др., управляемые в широких пределах.

Единичный акт переноса происходит при высокой температуре разряда (5000–11000°C).

Вследствие кратковременности разряда (10–1000 микросекунд) и его локальности, нагретые микрообъемы переносимого материала мгновенно охлаждаются за счет теплопроводности металла детали. Происходит сверхскоростная закалка микрообъемов поверхностного слоя детали, образуется «белый» слой высокой твердости.

Важным достоинством ЭИО является отсутствие значительного теплового влияния на деталь в процессе обработки, что свойственно сварочно-наплавочным способам; поэтому исключена тепловая остаточная деформация детали. Этот метод обладает высокой уни-

версальностью и эффективностью при решении задач машиностроительного и ремонтного производства.

Характерной особенностью внедряемых технологий является нанесение покрытий на изношенные поверхности под размер, с минимальным съемом нанесенного металла при последующей механической обработке или вообще без этой обработки

При назначении технологии восстановления размеров или упрочняющей обработки руководствуются тем, что придание необходимых эксплуатационных свойств обрабатываемой поверхности обеспечивается применением электродных материалов с соответствующими физико-механическими свойствами, а получение требуемой толщины покрытия – путем подбора электрического режима.

Недостатками метода ЭИО являются невысокая толщина наносимого слоя (максимальная толщина покрытия при ЭИО нанесенного в один слой в зависимости от режимов и материалов составляет 50-100 мкм), высокая его шероховатость и относительно невысокая сплошность.

Улучшить качественные параметры наносимого методом ЭИО покрытия позволяют комбинации базового метода ЭИЛ с дополнительными обработками: ультразвуковым воздействием, лазерным оплавлением, нанесением газодинамического покрытия, применением циклического межслойного электроискрового оплавления нанесенного покрытия.

При сочетании электроискрового легирования с лазерной обработкой в результате электроискрового легирования происходит предварительное нанесение слоя легирующего материала на поверхность матричного материала с частичным внедрением легирующих элементов в матрицу на небольшую глубину [4], а под действием импульсов лазерного излучения обеспечивается более равномерное распределение легирующих элементов в матрице, уменьшается шероховатость нанесенного покрытия, увеличивается его сплошность и увеличивается, примерно на порядок, глубина зоны легирования.

Метод гидродинамического напыления (ГДН) покрытий [5] заключается в нагреве сжатого газа (воздуха), подачу в него порошкового материала необходимого состава и зернистости, ускорение этой воздушно-порошковой смеси в сверхзвуковом сопле и формирование в нем сверхзвукового воздушного потока, который направляется на обрабатываемую поверхность изделия (рис. 1).

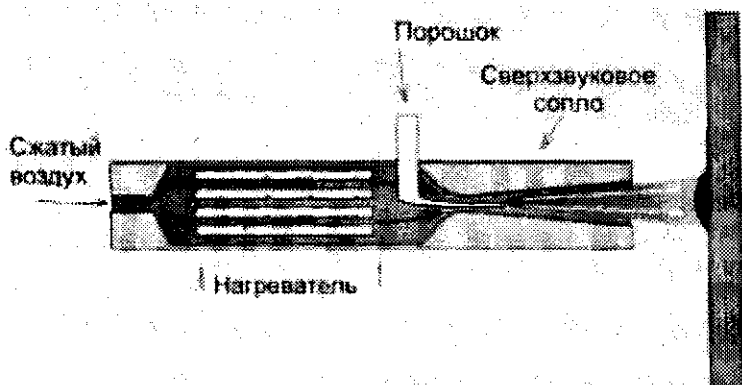


Рисунок 1 – Общая схема газодинамического нанесения покрытия

В качестве порошковых материалов используются мягкие металлы, сплавы или их механические смеси с керамическими компонентами.

Путем изменения режимов ГДН управляют качеством и толщиной напыляемого покрытия.

Комбинированный способ «ЭИО + ГДН» позволяет получать износостойкие покрытия, которые могут применяться для восстановления таких поверхностей, как коренные опоры блоков цилиндров и нижние головки шатунов ДВС и др. [6].

Слой покрытия, нанесенный способом ЭИО со сплошностью не менее 50%, является несущим и износостойким. А последующий слой из мягких металлов на основе меди, алюминия, цинка, полученный ГДН, заполняет лунки электроискрового покрытия и устраняет несплошность.

Таким образом, обеспечивается полный контакт восстановленных поверхностей неподвижных соединений. Для подвижных посадок газодинамический слой порошковых материалов на основе меди является, кроме того, еще и антифрикционным слоем.

Покрытия можно наносить на поверхность любых деталей из черных и цветных металлов.

Для увеличения толщины ЭИ покрытий путем применения только ЭИО применяется нанесение в несколько циклов, включающих операции оплавления предыдущего нанесенного слоя для повышения контактной сплошности поверхности после предыдущего цикла. При этом уменьшается значения прироста массы после 1-й операции, а также снижается толщина нанесенного слоя. Однако степень сниже-

ния толщины слоев существенно выше, чем их массы. Последнее свидетельствует о перераспределении объемов, что приводит к заметному снижению шероховатости наплавляемой поверхности и увеличению ее контактной площади.

Графическая иллюстрация данного процесса представлена на рисунке 2.

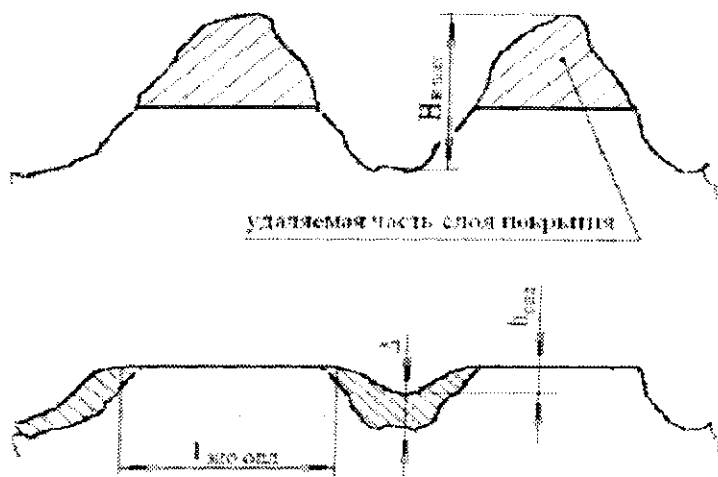


Рисунок 2 – Характер изменения рельефа поверхности электроискрового покрытия в результате последующей обработки оплавлением и осадкой, где:  $H_{\max}$  – максимальная высота неровностей после ЭИО;  $l_{\text{элемент сплошности покрытия}}$  – элемент сплошности покрытия;  $\Delta$  – заполнение впадин при оплавлении;  $h_{\text{опл}}$  – шероховатость паносеального слоя после оплавления.

Основные требования к материалу электрода для выполнения операции оплавления, обеспечивающие эффективность обработки и минимальное влияние на химический состав формируемого покрытия – это высокие теплопроводность и электроэрозионная стойкость.

Исходя из указанного, наиболее целесообразны в общем случае для выполнения функции оплавления следующие материалы электродов: вольфрам, медь, графит [7].

Данным способом можно восстанавливать большинство деталей и рабочих органов сельскохозяйственных машин, подбирая электродные материалы и режимы в соответствии с требованиями предъявляемыми к восстанавливаемой поверхности.

1. В.П. Миклуш, Т.А. Шаровар, Г. М. Уманский «Организация ремонтно-обслуживающего производства и проектирование предприятий технического сервиса АПК». Минск: Ураджай, 2001 г.

2. С.Ю. Жачкин, Г.И. Трифонов. «Влияние плазменного напыления композиционных порошковых материалов на износостойкость машин». MASTER'S JOURNAL. №1, 2017 г.

3. Е.В. Максименко, Е.В. Муравлев, И.В. Казанцев, И.Р. Ахмадеев, С.Г. Ильясов. Нанесение порошковых покрытий детонационным методом. ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК. №3, 2007 г.

4. А.В. Белый и др. «Инженерия поверхностей конструкционных материалов с использованием плазменных и пучковых технологий». Минск, Беларуская навука, 2017 г.

5. Каширин А.И., Шкодкин А.В. Метод газодинамического напыления металлических покрытий: развитие и современное состояние. / Упрочняющие технологии и покрытия, 2007, №12.

6. Иванов В.И., Костюков А.Ю., Денисов В.А., Задорожний Р.Н. Восстановление деталей импортных двигателей во втором автобусном парке Москвы. «Ремонт, восстановление, модернизация», №9, 2012 г.

7. Иванов В.И., Бурумкулов Ф.Х. Об электроискровом способе нанесения толстослойных покрытий повышенной сплошности. / Электронная обработка материалов, 2014, №5.

УДК 332.36:60

## **ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОПРЫСКИВАТЕЛЯ НА КЛЮКВЕННОМ ЧЕКЕ**

*Студенты – Фалюк Н.А., 32 тс, 3 курс, ФТС;  
Мартинovich А.Н., 11 от, 5 курс, ИТФ*

*Научный*

*руководитель – Мисун А.Л., ассистент*

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

Безопасность ведения работ с использованием агрохимикатов на промышленных клюквенных чеках обеспечивается соблюдением требований государственных и отраслевых стандартов, «Инструкции по технике безопасности при хранении, транспортировке и применении пестицидов в сельском хозяйстве», а также применением современных способов внесения препаратов, строжайшим соблюдением правил техники безопасности и санитарно-гигиенических норм. Так, запрещается повышать нормы расхода агрохимикатов и увеличивать