

**Кинякин Т.В.**

### **Способы и материалы нанесения износостойких покрытий на детали сельскохозяйственных машин**

*Кинякин Тимофей Васильевич* – магистрант, кафедра инженерной и компьютерной графики, факультет технического сервиса в АПК, РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, Москва, Россия

E-mail: kinyakin.tima@yandex.ru

#### **Аннотация**

В статье рассматривается вопрос о способах и материалах для нанесения износостойких покрытий на детали сельскохозяйственной техники. Восстановление изношенных деталей является важнейшим резервом повышения эффективности использования сельскохозяйственных машин, экономии материалов, энергии и затрат труда.

#### **Ключевые слова**

Износостойкие покрытия; сельскохозяйственные машины; плазменная наплавка; качество; эффективность.

Снижение численности парка сельскохозяйственных машин привело к повышению интенсивности его использования, сохраняется тенденция старения машин, что требует повышенных затрат на поддержание их в работоспособном состоянии. Анализ работы ремонтных предприятий и опыт организации технического обеспечения в них позволили наметить основные пути повышения эффективного использования парка сельскохозяйственных машин: организация технически правильной эксплуатации и ремонта в строгом соответствии с регламентами и требованиями нормативно-технической документации; устранение неплановых простоев машин за счет строгого учета и обоснованного их использования на производстве; улучшение качества ТО и ремонта машин, а также обеспечение оперативного и надлежащего снабжения запасными частями; повышение уровня профессиональной подготовки и квалификации специалистов различных технических направлений [1,2,6].

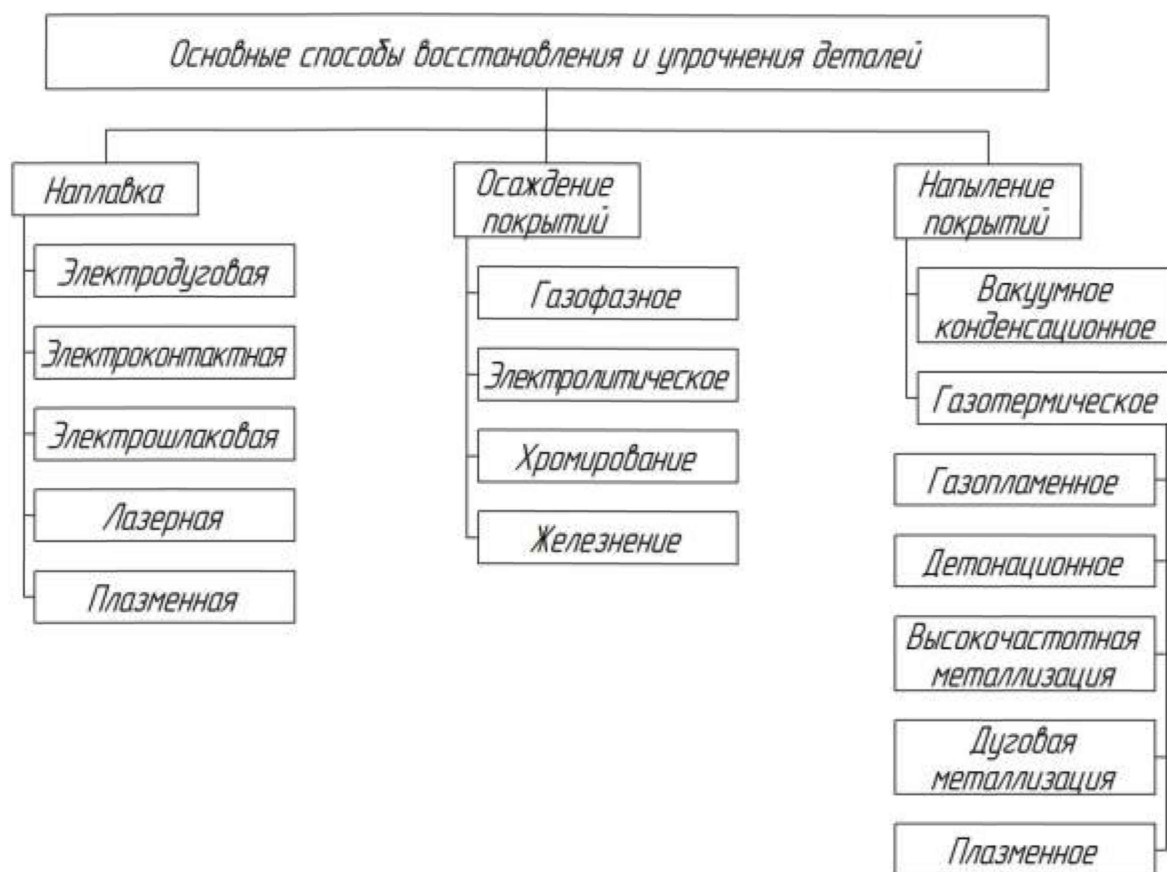
Результаты комплексного анализа говорят о том, что основной причиной недостаточности или несвоевременности снабжения запасными частями является отсутствие участков восстановления изношенных деталей как важного направления ресурсосбережения.

Важнейшим резервом повышения эффективности использования сельскохозяйственных машин, экономии материалов, энергии и затрат труда является восстановление изношенных деталей. Вместе с тем применяемые в настоящее время технологии не удовлетворяют современным требованиям по надежности. Очевидное несоответствие между реальной потребностью в восстановленных деталях и сократившимися производственными возможностями позволяет считать основной проблемой – выбор технических и технологических приоритетов, где при сравнительно небольших затратах можно совершить прорыв, существенно значимый для ремонтного производства [1,3].

Укрупненная классификация технологических способов, применяемых для упрочнения и восстановления деталей, представлена на рисунке 1.

Практика показывает, что наиболее широко для нанесения износостойких покрытий на детали сельскохозяйственных машин используются способы газовой, ручной электродуговой, автоматической электродуговой под флюсом и плазменной наплавки. Так, при наплавке ручным электродуговым способом с присадочным материалом «Сормайт-2» удается увеличить средний ресурс деталей на 20...22 %. Однако, как показывает анализ, 65 % выхода деталей из строя обусловлено отколом по наплавленному металлу или по линии сплавления. При газовой наплавке хрупкое разрушение отмечено для 60 % восстанавливаемых деталей [4].

Плазменная наплавка по традиционному методу также дает относительно высокий процент хрупкого разрушения (около 60 %), причем преобладают отколы по линии сплавления.



**Рисунок 1 – Классификация технологических способов, применяемых при восстановлении и упрочнении деталей сельскохозяйственной техники**

При традиционных способах наплавки распространенным дефектом является откол по линии сплавления, а также, при эксплуатации наплавленных деталей зарождаются трещины усталости. Это вызвано хрупкостью промежуточных прослоек переменного состава, образующихся при подплавлении основного металла и перемешивании его с наплавленным металлом. Сложная система легирования и высокое содержание элементов в присадке и основном металле повышают вероятность образования хрупких прослоек. При подплавлении основного металла наблюдается также нестабильность химического состава в наплавленном слое, а также ухудшение его эксплуатационных свойств [4,5].

Как показали результаты анализа металлографических исследований, при наплавке на сталь Л65 ручным дуговым, газопламенным и плазменным способами вдоль линии сплавления образуется сплошная хрупкая прослойка

шириной 80... 100 мкм. Судя по её высокой твердости (8000...9000 МПа), прослойка имеет интерметаллидный характер. В верхнем слое стали Л65, прилегающем к линии сплавления, наблюдается распад аустенита с образованием мартенситных игл. Следует отметить, что при этом снижается травимость основного металла у линии оплавления.

Подведя итог вышеизложенного анализа и современного состояния технологий нанесения покрытий на детали сельскохозяйственных машин, работающих в условиях интенсивного износа, можно сказать, что наиболее эффективным является способ плазменной наплавки с подачей присадочного материала в виде гранулируемого порошка в режиме пайко-сварки. При этом тонкие слои до 1 мм можно наносить с помощью плазменного напыления, но с обязательным последующим оплавлением. Ведение этих способов требует применения тщательной защиты. Данный процесс целесообразно осуществлять в среде аргона.

Выбор высоколегированных порошковых твердых сплавов объясняется не только их высокой износостойкостью, но и особыми свойствами, характерными для дисперсных частиц. По сравнению с монолитными проволоками их температура плавления ниже, они имеют более высокую удельную поверхность, что способствует увеличению химической активности протекания реакций в жидкой ванне. Использование порошкового присадочного материала позволяет составить множество композиций присадочного материала [4].

При наплавке следует уделить особое внимание измельчению карбидов, поскольку здесь скрыты резервы повышения износостойкости наплавленного «Сормайта-2». Перемешивание жидкого металла сопровождается и другими положительными эффектами: интенсификацией удаления газов и включений, устранением химической неоднородности, уменьшением толщины прослойки переменного состава при наплавке [1].

Однако, наложение переменного магнитного поля интенсифицирует пространственную неустойчивость плазменной дуги. Также можно указать то,

что эффект измельчения структуры может достигаться не только наложением переменного поля или вибрацией изделия, а также реверсивным перемещением плазмотрона и модуляцией тока. Во всех случаях более дисперсная структура получается за счет периодических изменений градиента температуры в жидкой ванне.

Следует также иметь ввиду, что применение аргонопорошковой смеси позволяет получать высокое качество слоев, наплавленных сплавами как на железной, так и никелевой основе. Плазменная наплавка в CO<sub>2</sub> порошковыми сплавами на основе железа типа «Сормайт», несмотря на присутствие в их составе достаточного количества раскислителей (Mn, Si), положительных результатов не дает (неравномерное деформирование слоя, отдельные поры и значительный перегрев детали). Добавление к «Сормайту» 6% Al способствует устранению пор, уменьшению жидкотекучести и улучшению формирования слоев [3,4].

При плазменной порошковой наплавке твердыми сплавами на железной основе получение слоев толщиной свыше 1,4 мм, как правило, сопровождается возникновением холодных трещин. Для предупреждения образования трещин необходимо принимать следующие меры:

1. Подогрев наплаваемых изделий, назначение которого уменьшить возможность закаливания стали, особенно в зоне термического воздействия. Причем важен подогрев тем же источником теплоты, который применяется для наплавки. Для этого необходимо подобрать режимы и изыскать такие приемы, которые обеспечили бы снижение скорости охлаждения до пределов, исключающих полностью или частично превращение аустенита в мартенсит и гарантирующих отсутствие трещин.

При плазменной наплавке с колебаниями слоев шириной до 30 мм удается избежать трещин за счет понижения погонной энергии и улучшения условий кристаллизации. Для предотвращения появления трещин целесообразно,

особенно вначале, наносить тонкие слои толщиной до 0,5-0,8 мм с одновременными колебаниями с амплитудой, не превышающей 12 мм.

2. Добавление к твердым порошковым сплавам на железной основе порошкового алюминия, способствующего росту скорости кристаллизации и изменению зерна, уменьшает возможность появления трещин.

3. Уменьшение коэффициента линейного расширения путем добавления в порошковые твердые сплавы на железной основе порошковых хромоникелевых сплавов. Например, композиция состава 78% ПГ-С1 + 18% ПГ-СР4 + 4% Al позволяет наплавлять слои толщиной до 3 мм и шириной до 65 мм за один проход без пор и трещин. Это объясняется тем, что никель занимает особое место по своему влиянию на коэффициент линейного расширения сплава, в который он добавляется в соответствующем количестве.

4. Уменьшение содержания углерода в наплавочном сплаве путем смешивания высокоуглеродистых порошковых сплавов с низкоуглеродистыми сплавами до предела, гарантирующего наплавку толстых слоев без трещин. В данном случае несколько уменьшается износостойкость, но значительно повышается пластичность, что крайне важно для деталей, работающих в условиях знакопеременных нагрузок.

Повысить эффективность процесса наплавки, проводимого в режиме пайко-сварки, можно путем подачи одновременно проволоки и порошка. Важным преимуществом комбинированного способа наплавки является возможность расширения диапазона регулирования состава наплавленного металла, и получение слоев с требуемыми свойствами. Например, качественные покрытия могут быть получены при наплавке проволоками Нп-ЗОХГСА, Цп-65Г и другими в следующих газопорошковых защитных средах:

аргон + твердый сплав на железной основе (ПГ-С1, ПГ-ФБХ6-2, ПГ-УС25 + 2% Al);

азот + твердый сплав на железной основе (ПГ-С1, ПГ-ФБХ6-2, ПГ-УС25 + 6-8% Al).

При этом уже небольшие добавки к наплавочной проволоке порошка

позволяет значительно улучшить качество наплавки, что выражается в хорошем формировании слоев и уменьшении глубины проплавления. Износостойкость наплавочных слоев различными композициями в 1,5-3 раза выше износостойкости слоев, выполненных износостойкими проволоками сплошного сечения. При наплавке комбинированным способом производительность способа по сравнению с наплавкой проволокой при одном и том же токе возрастает на 15-20% и достигает до 7,5 кг/ч, главным образом за счет более эффективного использования теплоты, идущей на перегрев изделия и уходящей в окружающую среду. Комбинированный способ открывает новые возможности совершенствования технологии наплавки различными материалами, в том числе труднонаплавляемыми [1,7].

Таким образом, можно сказать, что среди технологических процессов восстановления рабочих органов сельскохозяйственных машин заслуживают внимания плазменные методы нанесения покрытий, позволяющие значительно повысить износостойкость восстановленных деталей. Повышение интереса в нашей стране и за рубежом к плазменным методам нанесения покрытий с целью упрочнения новых и восстановления изношенных деталей объясняется тем, что работающие в соединениях детали машин подвергаются, как правило, знакопеременным нагрузкам и быстро выходят из строя по причине усталости.

Для увеличения срока службы необходимо наносить износостойкие покрытия на поверхность таких деталей с учетом их условий работы, вида изнашивания, и обеспечить высокую прочность сцепления нанесенного покрытия с основным металлом. При этом плазменными методами можно наносить не только дорогие сплавы на основе никеля, хрома и кобальта, но и дешевые – на основе железа. Достоинством плазменных методов является их пригодность к автоматизации с применением электронной системы регулирования процесса.

### Список литературы

1. *Кравченко И.Н., Пузряков А.Ф., Бобряшов Е.М., Пузряков А.А.* Плазменные методы упрочнения и восстановления рабочих органов дорожно-строительных и почвообрабатывающих машин: монография // М., 2013. 328 с.
2. *Дорохов, А.С., Корнеев В.М., Катаев Ю.В.* Технический сервис в системе инженерно-технического обеспечения АПК // Сельский механизатор. 2016. № 8. С. 2-5.
3. *Кравченко И.Н., Пузряков А.А., Катаев Ю.В., Пунавцев И.Е., Гречко Д.Г.* Применение плазменно-напыленных ферроокислов для поршневых колец автотракторных двигателей // Труды ГОСНИТИ. Т. 122. М., 2016. С. 188-193.
4. *Кравченко И.Н., Бондарева Г.И., Гладков В.Ю., Панкратова Е.В., Глинский М.А.* Исследование напряженно-деформированного состояния наплавленных покрытий деталей, восстановленных плазменными методами // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2011. № 6. С. 2-8.
5. *Голубев И.Г.* Восстановление рабочих органов сельскохозяйственных машин // Техника и оборудование для села. 1998. № 3. С. 39-42.
6. *Ерохин М.Н., Леонов О.А.* Особенности обеспечения качества ремонта сельскохозяйственной техники на современном этапе // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина. 2005. 1(11). С. 9-12.
7. *Кравченко И.Н., Корнеев В.М., Катаев Ю.В., Чеха Т.А.* Система автоматизированного контроля управлением техническим состоянием машин и оборудования // Сельский механизатор. 2016. № 9. С. 22-23.