

**Электродуговое металлизационное напыление (Twin-wire arc spray)**

Электродуговое металлизационное напыление (Twin-wire arc spray) — нагрев проволок до плавления электрической дугой и последующее сдутие образовавшихся капель в сторону подложки. Как правило, осуществляется в несколько проходов. Чаще всего для напыления применяют цинк, алюминий, или монель. Возможная пористость покрытий — менее 2 % (табл. 4).

**Таблица 4**

Материалы и получаемые свойства при электродуговом металлизационном напылении

| Материал                    | Прочность сцепления, МПа | Пористость, % | Микротвердость, НВ |
|-----------------------------|--------------------------|---------------|--------------------|
| Нержавеющие стали, монель   | 15:35                    | 5:12          | 150:330            |
| Цинк и алюминий и их сплавы | 15:35                    | 10:20         | 35:50              |

**Газопорошковая наплавка**

Газопорошковая наплавка износо- и коррозионностойких сплавов на основе никеля — один из самых простых и эффективных способов реновации. Он предполагает подачу порошкового сплава через кислородное пламя на упрочняемую или восстанавливаемую поверхность. Материалы и получаемые свойства приведены в табл. 5.

**Таблица 5**

Материалы и получаемые св-ва при газопорошковой наплавке

| Материал                                  | Прочность сцепления, МПа | Пористость, % | Микротвердость, НВ |
|-------------------------------------------|--------------------------|---------------|--------------------|
| Сплавы на основе никеля, кобальта, железа | На уровне сварки         | Менее 0,5     | 200:690            |

**Плазменная наплавка (Plasma Transferred Arc welding, PTA)**

Плазменная наплавка (Plasma Transferred Arc welding, PTA) — нанесение слоя металла на поверхность посредством плазменной дуги. Для этого метода может использоваться проволока, лента или порошок. Плазмообразующий газ формирует основу плазменной дуги. Защитный — обеспечивает защиту для сварочной ванны.

*Параметры покрытия:* перемешивание с основой — 0,5–10 %; твердость покрытия — 15–70 HRC (180–1200 HV), в зависимости от наплавляемого материала; Толщина покрытия — от 1 мм до 6 мм за один проход.

**Суперфинишная обработка (Superfinish and Surface Treatment)**

Применение современных технологий и оборудования суперфинишной обработки поверхности позволяет получать шероховатость поверхности  $R_a = 0,02$  мкм.

*Использованы материалы: <http://www.tspc.ru/>*



**ПРИКЛАДНЫЕ НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ**

УДК 621.9 — 621.98

**АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КУЛЬТИВАТОРНЫХ ЛАП**

**Семчук Геннадий Иванович**

Магистрант, кафедра ремонта машин и технологи конструкционных материалов, Инженерно-технологический факультет, Полтавская государственная аграрная академия, ул. Сковороды, 1/3, г. Полтава, Украина, 36003

**Дудников Анатолий Андреевич**, кандидат технических наук, профессор

Заведующий кафедрой, кафедра Ремонта машин и технологии конструкционных материалов, Инженерно-технологический факультет, Полтавская государственная аграрная академия, ул. Сковороды, 1/3, г. Полтава, Украина, 36003

*Стаття присвячена аналізу способів підвищення довговічності деталей ґрунтообробних машин, які працюють в особливо важких умовах.*

*Перераховані способи відновлення робочих органів ґрунтообробних машин в силу високої складності технологічних процесів, використання дорогого обладнання,*

*високої собівартості не знайшли доки широкого застосування в сільськогосподарському ремонтному виробництві.*

*Ключові слова: метод зміцнення, вібраційна обробка, технологічний процес, ресурс, довговічність.*

*Статья посвящена анализу способов повышения долговечности деталей почвообрабатывающих машин, работающих в особо тяжелых условиях.*

*Перечисленные способы восстановления рабочих органов почвообрабатывающих машин в силу высокой сложности технологических процессов, использования дорогостоящего оборудования, высокой себестоимости не нашли пока широкого применения в сельскохозяйственном ремонтном производстве.*

*Ключевые слова: метод упрочнения, вибрационная обработка, технологический процесс, ресурс, долговечность.*

## 1. Введение

Восстановление изношенных деталей сельскохозяйственных машин является технически обоснованным и экономически оправданным мероприятием, поскольку сокращение государственных закупок и льготных кредитов способствовало снижению материальных средств для приобретения новой техники у ее производителей [1].

Восстановление указанных деталей позволяет повторно, иногда и многократно, их использовать, благодаря применению эффективных технологий восстановления. Исследования работы культиваторных лап показали, что для увеличения долговечности следует повысить абразивную износостойкость [2].

Целесообразность проведения работ по восстановлению деталей заключается в снижении себестоимости ремонта как сборочных единиц, так и машин за счет уменьшения расходов на новые запасные части и сокращения производственных затрат при их эксплуатации. Стоимость запасных частей составляет значительную часть в себестоимости капитального ремонта машин, которая достигает в целом по стране до 65 %, увеличиваясь, как правило, с повышением конструкторской сложности машин [3].

## 2. Постановка проблемы

При работе рабочие органы почвообрабатывающих машин в результате их постоянного контакта с абразивом почвы интенсивно изнашиваются, что вызывает некачественное рыхление почвы и повышение энергозатрат. Снизить затраты на ремонт почвообрабатывающих орудий возможно за счет повышения их долговечности.

Одним из направлений решения этой проблемы является применение современных, более эффективных технологий восстановления и упрочнения режущих элементов универсальных стрельчатых лап культиваторов.

В этой связи решение проблемы повышения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин является актуальным.

## 3. Анализ основных исследований и публикаций по данной проблеме

Вопросу восстановления и повышения ресурса почвообрабатывающих рабочих органов посвящено ряд исследований, часть которых относится непосредственно к рабочим органам культиваторов [4–8].

Общие вопросы обеспечения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин, а также вопросы конструирования и подбора износостойких материалов освещены в работах В. П. Горячкина, М. М. Тененбаума, В. Н. Ткачева, Л. И. Погорелого, П. М. Заики, А. И. Бойко, М. М. Хрущева, Т. И. Рыбака и др.

В настоящее время ремонтные службы располагают различными методами повышения ресурса деталей. Объем восстановительных работ непрерывно возрастает, вместе с этим растет номенклатура используемых материалов и способов.

Высокой эффективностью в повышении долговечности новых и восстановленных деталей достигли за рубежом, где особое значение приобретают выбор метода восстановления.

В Германии в Центральном институте сварочной техники (г. Галле) проводятся исследования по выбору оптимального способа наплавки износостойких покрытий. Научно-исследовательский центр (г. Шарлоттенталь) занимается разработкой новых технологических процессов восстановления изношенных деталей сваркой, наплавкой, металлизацией, пластической деформацией, а также технологии механической обработки восстановленных деталей.

В Польше в Научно-техническом центре обслуживания сельского хозяйства (г. Лодзь) разрабатываются технологические процессы для технически подобных групп деталей.

На одном из крупных предприятий компании «Катерпиллер» создан специализированный участок для восстановления наплавкой ходовой части гусеничных тракторов. Ресурс восстановленных деталей равен ресурсу новых, а их стоимость составляет 20...25 % стоимости новых.

На кафедре «Ремонт машин и технология конструктивных материалов» разработана установка для упрочнения деталей методом вибрационного деформирования.

#### 4. Результаты исследований

Рабочие органы машин, испытывающие повышенное давление почвы, могут быть защищены от действия абразивных частиц путем нанесения на поверхность трения износостойких сплавов. На рис. 1 показана зависимость абразивного износа металлов от их твердости. С увеличением твердости материала деталей происходит снижение их линейного износа. При твердости 225...450 кг/мм<sup>2</sup> происходит незначительное уменьшение величины линейного износа.

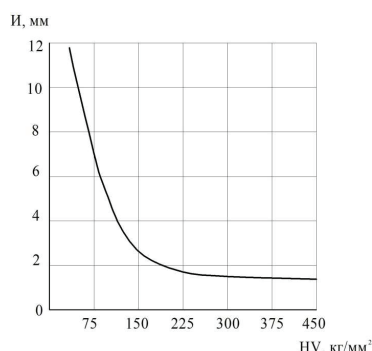


Рис. 1. Зависимость абразивного износа И металлов от их твердости HV

Анализ способов, проведенный на основании литературных источников и опыта ремонтных предприятий, представлен в табл. 1.

Таблица 1

Соотношение способов восстановления деталей в общем объеме, %

| Способы восстановления                    | Отношение к общему объему, % |
|-------------------------------------------|------------------------------|
| 1. Дуговая наплавка                       | 70                           |
| 2. Контактная наварка металлического слоя | 6                            |
| 3. Газотермическое напыление              | 5                            |
| 4. Нанесение гальванопокрытий             | 2                            |
| 5. Нанесение полимерных покрытий          | 4                            |
| 6. Пластическое деформирование            | 10                           |
| 7. Прочие                                 | 3                            |

Интенсивно изнашивающие поверхности деталей, работающие в абразивной среде, и деталей с высокой твердостью материала рекомендуется наплавлять электродами типа Т-590, Т-620, позволяющими без термической обработки получать твердость металла шва до HRC 57...63.

Распространенными методами восстановления лап культиваторов в ремонтном производстве явля-

ются: оттяжка, когда изношенные рабочие органы нагревают до температуры 800...1100 °С и оттягивают на пневматическом молоте с последующей заточкой и термообработкой; отрезка изношенной части лезвия лапы газопламенным резаком и приваривание сплошным швом к восстанавливаемой детали стальной профильной пластины из стали 65Г.

Культиваторные лапы с приваренными пластинами или после оттяжки подвергают наплавке износостойкими металлическими порошками с нижней стороны, что обеспечивает получение самозатачивающегося лезвия.

Указанные методы отличаются высокой трудоемкостью и не обеспечивают необходимую износостойкость.

В литературе имеются данные по восстановлению культиваторных лап способом наплавки намораживанием на заготовки [9]. Сущность способа заключается в подаче расплавленного износостойкого сплава в зазор между наплавляемой поверхностью заготовки, предварительно нагретой до температуры 850...950 °С, и стенкой формы. Для наплавки применяются в основном высокохромистые чугуны, а также сплавы на основе железа ПР-С27, ПГ-ФБХ-6-2, ПГ-С1 и др.

Данный способ отличается большой трудоемкостью, сложностью и высокой себестоимостью.

Износостойкость режущих элементов почвообрабатывающих рабочих органов можно повысить следующими способами: изменением химического состава; термической обработкой; поверхностным химико-термическим упрочнением; наплавкой твердыми сплавами.

В ремонтных условиях иногда применяют наплавку сплавом сормайт с применением газового пламени, что обеспечивает получение на лезвии слоя равномерной толщины с достаточно хорошей сцепляемостью. Однако, производительность данного способа низкая.

Для повышения износостойкости рабочих органов в некоторых случаях применяют магнитоэлектрический способ упрочнения, заключающийся в электроискровом нанесении ферромагнитных порошков или порошковых композиций в магнитное поле. В зависимости от состава ферромагнитного порошка и технологических режимов можно получать слои с заданными свойствами (твердостью, износостойкостью). Данный способ из-за высокой трудоемкости и сложности не нашел пока надежного применения в ремонтном производстве.

В литературе описан метод повышения долговечности рабочих органов способом точечного упрочнения, сущность которого состоит в дуговой точечной наплавке на основной металл износостойкого материала — порошковой проволоки ПП-Нп-80Х20РЗТ. Образующиеся при этом твердосплавные элементы (точки конусообразной

формы переменного сечения и твердости) уменьшаются в сторону основного металла. Геометрию точек регулируют технологическими параметрами наплавки — сварочным напряжением и током, вылетом электрода, времени наплавки, полярностью, скоростью подачи порошковой проволоки и т. п. При эксплуатации лезвия рабочих органов с точечным упрочнением менее износостойкие участки основного металла подвергаются более интенсивному изнашиванию, и на их месте образуется впадина. Они чередуются выступами на наплавленных участках. В результате образуется пилообразная форма лезвия разной износостойкости.

Перечисленные некоторые методы восстановления рабочих органов почвообрабатывающих машин имеют свои достоинства и существенные недостатки. Поэтому заранее нельзя определить, какой из них в большей степени подходит для упрочнения поверхности рабочих органов культиваторов. Он должен быть перспективным в отношении промышленного использования.

К числу новых, перспективных методов с точки зрения их дальнейшего развития, может быть отнесена обработка материалов с помощью механических колебаний или вибраций.

Вибрационное поверхностное упрочнение реализуется по двум схемам, различие которых сводится к следующему: в одном случае колебания передаются обрабатываемому инструменту, а в другом — обрабатываемой детали.

В технологии машиностроения широко используют вибрационную обработку, которая способствует интенсификации большого числа технологических процессов и является прогрессивным направлением в технологии машиностроения, возможности которого и область применения еще не полностью определены.

Интенсивность вибрационной обработки зависит от следующих факторов: режимов обработки (возмущающей силы, амплитуды и частоты колебаний обрабатываемого инструмента, скорости его движения); механических свойств материала обрабатываемых деталей, их геометрии и др.

Основой вибрационного упрочнения является динамический характер протекания технологического процесса, сопровождающийся множеством микроударов рабочего инструмента по поверхности обрабатываемой детали и обеспечивающий пластическое деформирование поверхностного слоя [10].

Наиболее наглядны преимущества вибрационного упрочнения при обработке деталей, работающих в тяжелых условиях (рабочие органы почвообрабатывающих, посевных, свеклоуборочных машин). Методы вибрационной обработки при восстановлении изношенных поверхностей деталей машин обеспечивают более высокую степень упрочнения и уровень остаточных напряжений сжатия, что, в конечном итоге, способствует повышению усталостной прочности деталей, в особенности работающих в абразивной среде.

Имеющиеся в литературе данные свидетельствуют о недостаточной изученности процесса вибрационного упрочнения материала обрабатываемых деталей (лап культиваторов и др.) Отсутствует конкретная теория этого технологического процесса.

## 5. Выводы

Проведение дальнейших исследований процесса вибрационного упрочнения деталей сельскохозяйственных машин, работающих в особо нагруженных условиях, представляет практический и теоретический интерес для разработки технологии восстановления, обеспечивающей повышение их долговечности.

## Литература

1. Ахметшин, Т. Ф. Повышение износостойкости и долговечности стрелчатых лап культиваторов [Текст] : дисс. канд. техн. наук. / Т. Ф. Ахметшин. — М.: 1988. — 245 с.
2. Семчук, Г. И. Конструктивно-технологические характеристики культиваторных лап [Текст] / Г. И. Семчук, А. А. Дудников, А. В. Мелешко, В. В. Гуленко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2013. — № 3/12. — С. 33–37.
3. Войтюк, Д. Г. Сільськогосподарські та меліоративні машини [Текст] / Д. Г. Войтюк, В. М. Барановський, В. М. Булгаков та ін. — К.: Вища освіта, 2005. — 464 с.
4. Юшков, В. В. Поточно-механизованная линия восстановления лап культиваторов [Текст] / В. В. Юшков, А. Г. Квакин, А. А. Князев, В. П. Терентьев // Техника в сельском хозяйстве. — 1986. — № 8. — С. 51–52.
5. Михальченков, А. М. Восстановление деталей двухслойной наплавкой [Текст] / А. М. Михальченков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 1995. — № 1. — С. 22–23.
6. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники [Текст] / Нормативно-справочный материал. — Ч. 1, 2. — М.: 1998. — 470 с.
7. Аулін, В. В. Характер та інтенсивність зношування робочих органів ґрунтообробних машин [Текст] / В. В. Аулін, В. М. Бобрицький // Проблеми трибології. — Хмельницький: ХДУ, 2004. — № 2. — С. 107–112.
8. Афанасьев, А. А. Повышение качества поверхностей деталей машин [Текст] / А. А. Афанасьев. — Белгород: БГТУ, 2007. — 234 с.
9. Бетень, Г. Ф. Нанесение износостойких покрытий при упрочнении и восстановлении почворезущих элементов наплавкой намерзанием [Текст] / Г. Ф. Бетень, Н. В. Кардаш, Н. А. Затко и др. // Защитные покрытия на металлах. — 1990. — Вып. 24. — С. 94–97.

10. Дудников, И. А. Влияние вибрационной обработки на упрочнение обрабатываемой поверхности [Текст] / И. А. Дудников, А. И. Беловод, А. А. Дудников и др. // Вибрации в технике и технологиях. — 2010. — № 1(57). — С. 92–93.

*Abstract. The paper deals with analyzing the methods for improving the durability of parts and service life of tillage machines operating in extremely severe conditions (tillage).*

*The features of described in literature methods for hardening separate parts of agricultural machinery, used mainly in industrial production, are considered.*

*Methods for repairing working elements of tillage machines are listed. As a rule they are characterized by a high complexity of technological process, the need for expensive equipment, high cost of repaired parts and they have not yet found a wide use in agricultural repair production. Some aspects of increasing the durability of working elements of tillage machines, particularly hoes, are shown.*

*The principle of more effective method for parts repair, using vibrations of processing tool for developing and applying technological process of hardening the working elements of tillage machines, is considered.*

*The necessity of theoretical and practical research for determining the operating parameters of vibration hardening of hoes surface is shown.*

*Keywords: hardening method, vibration treatment, technological process, service life, durability.*

УДК 004.8

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ РАСЧЕТА ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОРРОДИРУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

**Зеленцов Дмитрий Геннадиевич**, доктор технических наук, профессор

Кафедра компьютерных технологий и высшей математики, ВГУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет», пр. Гагарина, 8, г. Днепропетровск, Украина 49005

**Контактный тел.:** (0562) 47-24-64

**Гаврилюк Юрий Владимирович**

Аспирант, кафедра компьютерных технологий и высшей математики, ВГУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет», пр. Гагарина, 8, г. Днепропетровск, Украина 49005

**Контактный тел.:** 097-486-44-10

**E-mail:** yuragavriluk@gmail.com

**Новикова Людмила Владимировна**

Ассистент, кафедра компьютерных технологий и высшей математики, ВГУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет», пр. Гагарина, 8, г. Днепропетровск, Украина 49005

**Контактный тел.:** (0562) 47-24-64

*Запропоновано алгоритм розрахунку довговічності балочних стержневих елементів, під впливом корозійного зносу. На відміну від вже існуючих, даний алгоритм передбачає визначення типу активних обмежень, визначаючих довговічність елементів, до вирішення задачі, використовуючи апріорну інформацію о геометричних властивостях перетину, величини навантаження і параметрів агресивної середовища. Апріорні значення формалізуються у вигляді нейронної мережі з дискретною функцією активації вихідного елемента.*

*Ключеві слова: кородуючі конструкції, довговічність, нейронні мережі, генетичні алгоритми.*

*Предлагается алгоритм расчета долговечности балочных стержневых элементов, подверженных коррозионному износу. В отличие от существующих, данный алгоритм предполагает определение вида активных ограничений, определяющих долговечность элементов, до решения задачи, используя априорную информацию о геометрических характеристиках сечения, величины нагрузки и параметров агрессивной среды. Априорные знания формализуются в виде нейронной сети с дискретной функцией активации выходного элемента.*

*Ключевые слова: корродирующие конструкции, долговечность, нейронные сети, генетические алгоритмы.*