ТРУДЫ ГОСНИТИ

Том 128 2017

Теоретическое и научно-практическое издание «Труды ГОСНИТИ» основано в 1963 году. Учредитель и издатель – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ). Труды зарегистрированы в федеральной службе по надзору и сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурных наследий.

Редакционный совет:

Черноиванов В.И. – академик РАН, д.т.н., профессор – председатель редакционного совета.
Соловьев С.А. – д.т.н., профессор – заместитель председателя, руководитель научного направления ФНАЦ ВИМ.
Соловьев Р.Ю. – к.т.н., заместитель председателя, ведущий научный сотрудник ФНАЦ ВИМ.
Лялякин В.П. – д.т.н., профессор – заместитель председателя, ведущий научный сотрудник ФНАЦ ВИМ.
Иванов В.П. – д.т.н., профессор Полоцкого государственного университета Республики Беларусь, член совета.
Юдин В.М. – д.т.н., профессор – зав. кафедрой «Надежность и ремонт машин им.И.С. Левицкого» Российского государственного аграрного заочного университета, г.Балашиха, член совета.
Шарифуллин С.Н. – д.т.н., профессор филиала Казанского федерального университета, член совета.
Кешуов С.А. – д.т.н., профессор, Казахский НИИМЭСХ Республики Казахстан, член совета.
Буксман В.Э., к.т.н., региональный менеджер по СНГ Amazonen-Werbe, Германия – член совета.

Адрес редакции:
109428, г.Москва, 1-й Институтский пр., д.1 Тел.(495)371-21-44
Тел/факс +7(495)371-01-25
www.gosniti.ru, e-mail: valpal-1938@mail.u

Свидетельство о регистрации:
ПИ №ФС77-31128 от 21.02.2008 г.

Выходит 4 раза в год.
Подписано в печать 28.08.2017 г.
Формат 60x84/8. Объем 25,5 п.л.
Тираж 100 экз., заказ 961.
Отпечатано в типографии ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

ISSN-0131-9299

«Труды ГОСНИТИ» включены в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ для публикации трудов соискателей ученых степеней кандидатов и докторов наук.

«Труды ГОСНИТИ» включены в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) и систему цитирования «AGRIS» для публикации результатов исследований по докторским и кандидатским диссертациям.

Полный перечень статей размещен на сайте научной библиотеки elibrary.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ДОКЛАДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ, заслушеные на 8-й Международной научно-технической конференции «АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ ИННОВАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ», (30-31 мая 2017) *7*

Милованов Д.А., Чавдаров А.В., Артамонов С.А.
Влияние геометрии электрода на распределение толщины МДО-покрытия по поверхности детали *8*

Милованов Д.А., Чавдаров А.В., Скоропупов Д.И., Артамонов С.Н.
Анализ существующих практических и расчетных схем вне ванного нанесения МДО-покрытия 14

Кононенко А.С., Кузнецов И.А.
Повышение прочностных свойств анаэробных герметиков, используемых при ремонте подшипниковых узлов 21

Каперзов А.О.
Основные источники энергии, используемые в самоходной сельскохозяйственной технике. 29

Денисов В.А., Рещиков Е.О.
Модернизация установки для проведения испытаний материалов на изнашивание при фреттинг-коррозии. 36

Гайдар С.М., Петровский Д.И., Петровская Е.А., Посунько И.А.
Использование борных производных аминов в качестве водорастворимых ингибиторов коррозии 40

Водяков В.Н., Чумаков П.В., Величко С.А., Кузнецов В.В., Котина Е.А.
Кинематический анализ причин отказов силовых гидроцилиндров автотракторной техники. 47

© ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2017

Жачкин С.Ю., Пеньков Н.А., Задорожний Р.Н., Нелысов С.В.
Влияние режимов электролиза на микротвердость дисперсно-
упрочненных композитных материалов на основе железа 55

Догода П.А., Красовский В.В., Цолин Р.А., Трофимов И.М.
Косилка для скашивания травостоя в междурядьях садов и виноградников 61

Митрофанов Н.Э., Слинко Д.Б.
Упрочнение лемехов почвообрабатывающих машин дуговой
наплавкой твердыми сплавами 67

Герасимов В.С., Игнатов В.И., Каперзов А.О., Буряков С.А.
Проведение утилизации сельскохозяйственной техники с использованием
мобильной мастерской 73

Латыпова Г.Р., Чернов В.В., Шалашов К.С.
Особенности электроконтактной приварки порошковых смесей
с использованием диспергированных отходов твердых сплавов 79

Спасский П.А., Андреева Л.П.
Восстановление герметичности компенсатора давления трубопровода
электродуговой наплавкой в защитном газе. 85

Казакова В.А., Филиппова Е.М., Ивлева И.Б., Данков А.А., Буренко Л.А.
Безопасный ремонт с.-х. машин на предприятиях АПК 92

Ионов П.А., Пьянзов С.В., Земсков А.М.
Обоснование технических параметров стендового оборудования
для оценки технического состояния объемного гидропривода 97

Павлов В.А., Слинко Д.Б.
Использование плазменной дуги при восстановлении балансиров. 106

Никитин Е.А., Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю.
Обоснование структурно-кинематических схем автоматических
манипуляторов для почетвертного доения 112

Крюковская Н.С.
Современные методы упрочнения рабочих органов
почвообрабатывающих орудий 118

Петрищев Н.А., Данков А.А., Макаркин И.М., Саяпин А.С, Тришин А.А.
Предложения по совершенствованию контролепригодности
и приспособленности к диагностированию КПП тракторов Кировец 123

Аксенов А.З., Фатькин В.А.
Построение системы технического обслуживания на основе первичных ячеек 129

Жачкин С.Ю., Краснова М.Н., Пеньков Н.А., Трифонов Г.И.
Моделирование кинематики плазменного напыления на сложнопрофильные поверхности 133

Силяков С.Л., Аулов В.Ф., Юхвид В.И.
Упрочняющие покрытия при совместном использовании ТВЧ нагрева и СВС металлургии. 140

Соломашкин А.А.
Стратегии технического обслуживания и ремонта машин 145

Корнейчук Н.И.
Оценка контактной усталостной прочности износостойких гальванических покрытий, применительно к восстановлению деталей машин 152

Козлов А.Н.
Исследование режимов работы пульсаторов доильных аппаратов 162

CONTENTS

REPORTS BY YOUNG SCIENTISTS AND SPECIALISTS
heard at the 8th International Scientific and Technological Conference
"Agro-engineering innovations in agriculture" (30-31 May 2017) 7

Milovanov D.A., Chavdarov A.V., Artamonov S.A.
Effect of the electrode geometry on the distribution of the thickness
of the MDO coating on the surface of the part 8

Milovanov D.A., Chavdarov A.V., Skoropupov D.I., Artamonov S.N.
Analysis of existing practical and design schemes outside of the bathroom application
of MDO coating 14

Kononenko A.S., Kuznetsov I.A.
Durability increasing of anaerobic sealer, used for repairing
of bearing assembly units 21

Kaperzov A.O.
The main sources of energy used in self-propelled agricultural machinery 29

Denisov V.A., Reshchikov E.O.
Modernization of the testing machine for testing of materials for wear
under fretting-corrosion 36

Gaidar S.M., Petrovsky D.I., Petrovskaya E.A., Posunko I.A.
The use of boron amine derivatives as water-soluble corrosion inhibitors. 40

Vodyakov V.N., Chumakov P.V., Velichko S.A., Kuznetsov V.V., Kotina E.A.
Kinematic analysis of causes of failures power Autotractor machinery
hydraulic cylinders 47

Zhachkin S.Yu., Penkov N.A., Zadorozhniy R.N., Nelysov S.V.
The influence of electrolysis modes on microhardness of dispersion-strengthened
composite materials based on iron 55

Dogoda P., Krasovskiy V., Tsolin R., Trofimov I.
Mower for mowing grass in rows between gardens and vineyards 61

Mitrofanov N.E., Slinko D.B.
Strengthening of plowshares of tillage machines by arc welding
with hard alloys. 67

Gerasimov V.S., Ignatov V.I., Kaperzov A.O., Buryakov S.A.
The recycling of agricultural machinery with the use of mobile workshop 73

Latypova G.R., Chernov V.V., Shalashov K.S.
Features electrocontact welding, powder mixtures with the use
of dispersed waste of hard alloys 79

Spassky P.A., Andreeva L.P.
Recovery of the compensator pressure of the pipeline by electric arc
float in protective gas 85

Kazakova V.A., Filippova E.M., Ivleva I.B., Dankov A.A., Burenko L.A.
Safe repair of farm vehicles at the agrarian and industrial
complexes enterprises 92

Ionov P.A., Piyanzov S.V., Zemskov A.M
Justification of technical parameters of the stand equipment for assessment of technical state volumetric hydraulic drive 97

Pavlov V.A., Slinko D.B.
The use of plasma arc during the restoration of the balance beams 106

Nikitin E.A., Kirsanov V.V., Pavkin D.Y.
To study the structural and kinematic schemes of automatic manipulators for a quarter of the udder milking 112

Kryukovskaya N.S.
Modern methods of hardening of working parts tillage tools. 118

Petrishchev N.A., Dankov A.A, Makarkin I.M, Sayapin A., Trishin, A.A
Suggestions for improving the testability and adaptability to the diagnosis boxes change gear tractor Kirovets. 123

Aksenov Z.A, Fatkin V.A.
The building of maintenance system on the basis of primary cells 129

Zhachkin S.Yu., Krasnova M.N., Penkov N.A., Trifonov G.I.
Simulation of kinematics plasma spraying on the figurine's surface 133

Silyakov S.L., Aulov V.F., Yukhvid V.I.
The reinforcing coating in the joint use of high frequency heating and shs metallurgy 140

Solomashkin A.A.
Strategies for maintenance and repair of machines 145

Korneychuk N.I.,
Assessment of contact fatigue strength wear resistant galvanic coatings, in relation to restoring Machine parts 152

Kozlov A.N.,
Research of operating modes Milking machine's pulsator 162

Требования к оформлению материалов для публикации

Материалы следует представлять в редакцию в электронном варианте, по электронной почте или непосредственно на электронном носителе; если материалы передаются лично, необходимо передать и распечатанные варианты всех документов: статьи, рецензии, и др.

Научная статья, должна иметь ограниченный объем: 7-10 страниц машинописного текста. Текст должен быть набран в текстовом редакторе **Microsoft Word 2003**. Шрифт – Times New Roman. Размер шрифта – 14. Межстрочный интервал – полуторный - 1,5. Выравнивание - по ширине. Ориентация книжная, без переносов, желательно, без постраничных сносок. Чтобы проставить абзацы в тексте, нажмите на клавишу «таб» на клавиатуре.

Рисунки и таблицы, располагающиеся по тексту статьи, должны быть также выполнены отдельно в формате jpeg, иметь единую нумерацию и прилагаться к электронному варианту статьи.

Каждый **РИСУНОК, ГРАФИК, ТАБЛИЦА** предоставляются **ОТДЕЛЬНЫМ ФАЙЛОМ** в формате **JPEG**, а также должны располагаться непосредственно в тексте.

Оформление статьи

1. В верхнем углу печатается **УДК**. Следующая строка пропускается.
2. П**о центру строчными буквами жирным шрифтом** печатается название статьи (выравнивание по центру!). Следующая строка пропускается.
3. Далее – **фамилия и инициалы** автора строчными буквами, (не жирными, не курсивом) должность, ученая степень, ученое звание. Под ними без пропуска строки – строчными буквами в круглых скобках – ПОЛНОЕ наименование организации, города, **контактные телефоны, E-mail** (выравнивание по правому краю).
4. Далее – **аннотация**.
5. Далее – **ключевые слова**.
6. **Структура статьи**:
   - цель исследования;
   - методика;
   - результаты и обсуждения;
   - выводы.
7. Литература.

На последней странице **на английском языке печатается:**

наименование статьи; авторы (в полном объеме); аннотация; ключевые слова, ЛИТЕРАТУРА.

Названия файла статьи должно содержать фамилию автора и первую фразу названия статьи *(образец: Иванов И.О. Особенности восстановления деталей…)*

Правила выполнения рисунков

Рисунок должен иметь формат «**Jpeg**» **(ни в коем случае не оставлять рисунки, сделанные непосредственно в Word, или графики из Excel!**).

Если рисунки сделаны в Word, а графики в Excel, то скопируйте рисунок, откройте редактор Paint; вставьте скопированный рисунок в Paint и сохраните его в формате Jpeg. Копируйте уже сохраненный рисунок и вставляйте в статью.

Ваша статья будет опубликована в очередном научном сборнике «Труды ГОСНИТИ», который включен в Перечень ВАК и систему цитирования «AGRIS» ***для публикации результатов исследований по докторским и кандидатским диссертациям.***

Оргкомитет оставляет за собой право не включать в сборник присылаемые авторами материалы, оформленные не в соответствии с указанными требованиями.

Редакция не несет ответственности за достоверность представленных материалов. Рукописи не возвращаются.

Адрес для отправления материалов:

109428, г.Москва, 1-й Институтский проезд, дом 1, с отметкой «Труды ГОСНИТИ»,
на имя ведущего научного сотрудника Лялякина Валентина Павловича.
E-mail: valpal-1938@mail.ru
Телефоны для справок: 8(495) 371-21-44; 8(499) 174-81-60 (т/ф); 8(495) 371-01-25 (т/ф)

ДОКЛАДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ

заслушеные на 8-й Международной научно-технической конференции

«АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ ИННОВАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ», (30-31 МАЯ 2017)

УДК621.7

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ ЭЛЕКТРОДА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ МДО-ПОКРЫТИЯ ПО ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ

Милованов Д.А. Инж.
Чавдаров А.В. к.т.н.
Артамонов С.А. инж.
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г.Москва
+7 (499) 174-81-15, info@firma-tom.ru

Аннотация*: В работе рассматриваются вопросы распределения толщины МДО-покрытий по поверхности детали при использовании различных по геометрии противоэлектродов.*

Ключевые слова*: микродуговое оксидирование, геометрия противоэлектрода, распределение толщины.*

В работах Федорова В.А., Маркова Г.А., Суминова И.В и других авторов данному вопросу практически не уделено внимания. Отмечается в [1,2], что на изделии в результате МДО формируется равномерное оксидное покрытие. Однако, из опыта работы с плоскими поверхностями типа пластин известно [3], что традиционная схема ведения МДО, при которой одним из электродов является корпус ванны, как правило, цилиндрический, не обеспечивает равномерность покрытия по толщине. По краям плоскости изделия толщина оксидного слоя почти в 2-2,5 раза, превосходит толщину в центре плоскости. Причем, при одинаковых режимах ведения МДО (плотность тока, состав раствора, время) чем большие габаритные размеры имеет плоскость обрабатываемого изделия, тем больше это различие. Такое распределение МДО-покрытия, как правило, не пригодно для заказчика, требующего одинаковые свойства упрочненного слоя по всей рабочей поверхности.

При нанесении гальванических покрытий также имеет место указанная выше неравномерность. Для устранения этого явления используется метод установления дополнительных экранов между деталью и электродом или специальные формы электродов. Предварительными экспериментами нами было установлено, что при МДО также возможно управление равномерностью нанесения покрытия за счет использования различных форм электродов. Установление же экранов между деталью и электродом при МДО малоэффективно.

С физической точки зрения неравномерность вполне объяснима: на границах плоских деталей имеется наибольшая плотность силовых электромагнитных линий и процесс здесь проходит более интенсивно. Даже при значительном увеличении времени МДО с целью получения покрытий большей толщины не удается избежать неравномерности.

При разработке методики исследований исходили из предположения, что покрытие на детали, расположенной симметрично относительно электрода, также должно обладать симметрией, т.е. на одинаковом расстоянии от оси

симметрии толщина покрытия должна быть одинаковой. Порядок и условия проведения экспериментов, и методика обработки результатов измерений приняты следующие:

1) Все образцы были изготовлены из одного и того же материала АМг2 одной партии.

2) Электролит во всех экспериментах был одного состава:

1 г/л КОН, 10 г/л 1г/л Na_2SiO_3 нанопорошка искусственного алмаза.

3) Электроды изготовлены из нержавеющей стали 12Х18Н10Т.

4) Время нанесения покрытия во всех экспериментах было одинаковым и составляло 120 мин.

5) После МДО образцы промывали в проточной воде, высушивали сжатым воздухом и разрезали по сечению А-А (рисунок 1) на две половины 1 и 2.

6) Из полученных половинок приготовляли макрошлиф для измерения толщины покрытия в сечении А-А.

7) Перед измерением на образце по всей длине L наносили риски с шагом 5 мм - напротив этих рисок производилось измерение толщины МДО-покрытия.

8) Исходя из предположения о симметричности покрытия относительно оси 0-0, по результатам измерений в сечении вычислялось среднее зна-

$$\delta_i = \frac{\delta^1_{l_i} + \delta^1_{l_i'} + \delta^2_{l_i} + \delta^2_{l_i'}}{4} \qquad (1)$$

где: $\delta^1_{l_i}$ - толщина покрытия в i-том сечении на 1-ой половине образца слева от оси 0-0 (рисунок 1);

$\delta^1_{l_i'}$ -то же, но справа от оси 0-0;

$\delta^2_{l_i}$ - толщина покрытия в i-том сечении на 2-ой половине образца слева от оси 0-0;

$\delta^2_{l_i'}$ – то же, но справа от оси 0-0

i - номер риски, i=1…n.

9) Образцы для испытаний имели различные размеры.

Для сопоставления результатов использовали безразмерный параметр длинны l_i/l_0. При $i = n$ $l_n = l_0$ и $l_n/l_0 = 1$.

Результаты исследований. Для примера результаты замеров толщины покрытия для одного эксперимента приведены в таблице 1. Остальные результаты представлены в окончательно обработанном виде на приведенных ниже рисунках.

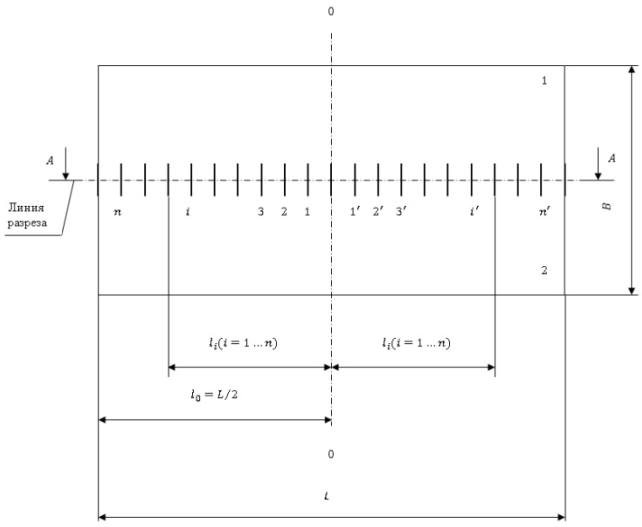


Рисунок 1. Схема приготовления образца при измерении толщины покрытия и обработки результатов

Первые 2 эксперимента предусматривали обработку образцов в ваннах различного диаметра: 500 и 200 мм. Образцы были одинакового размера и помещались по центру ванны. Представленные на рисунке 2 результаты показывают, что характер распределения покрытия по ширине образца в обоих случаях одинаков: в центре минимальная толщина и по мере приближения к краю пластины толщина возрастает примерно в 2 раза. Следует отметить, что по всей ширине образца покрытие имеет разную толщину, т.е. обработка плоских образцов в цилиндрической ванне - электроде равномерность не обеспечивает при любом диаметре ванны.

Таблица 1.
Результаты замера толщины покрытия, мкм.

δ_{l_i} l_i/l_0	0	0,143	0,286	0,429	0,571	0,643	0,714	0,786	0,857	0,929	1,0
$\delta^1_{l_i}$	5	72	80	80	101	101	108	116	130	161	174
$\delta^1_{l_i'}$	2	72	72	87	94	108	108	116	145	157	174
$\delta^2_{l_i}$	2	72	72	72	87	94	101	108	123	159	166
$\delta^2_{l_i'}$	5	72	72	72	80	87	101	116	130	159	174
$\delta_{i\,ср}$	3,5	72	74	77,8	90,5	97,5	104,5	114	132	159	172

В экспериментах № 3…8 ванна-электрод был отключен и в качестве электрода использовалась пластина из нержавеющей стали тех же размеров, что и обрабатываемая деталь. Анализ показывает, что изменение геометрии электрода приводит к положительным результатам, причем, чем ближе расположен электрод к детали, тем более равномерное покрытие наносится на деталь (рисунок 3). Столь резкое изменение равномерности покрытия объясняется выравниванием напряженности электрического поля между деталью и электродом. Минимальное расстояние может быть определено по напряжению пробоя между деталью и образцом для данного электролита,

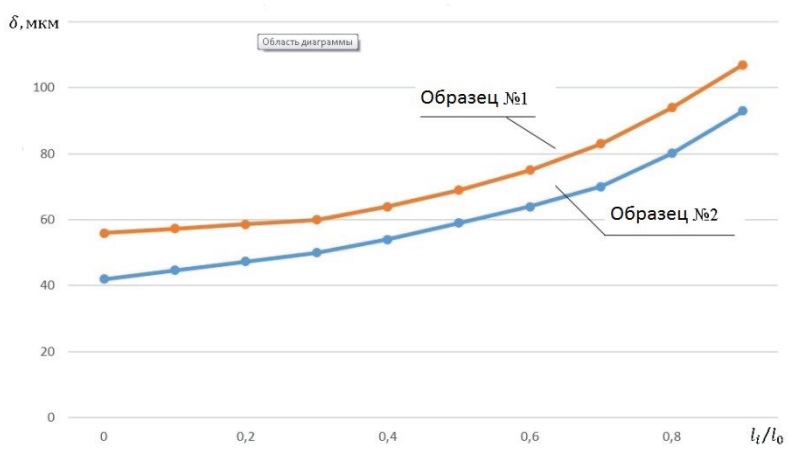


Рисунок 2 - Распределение толщины покрытия по полуширине образцов при их обработке в ваннах диаметрами 500 мм (№1) и 200 мм (№2)

однако, из практических соображений можно рекомендовать 10 мм, так как воздушное барботирование вносит довольно существенные коррективы в такие расчеты. Следует отметить, что на краю пластины наблюдается увеличение толщины покрытия на 10-15%, что для большинства технологических требований вполне допустимо.

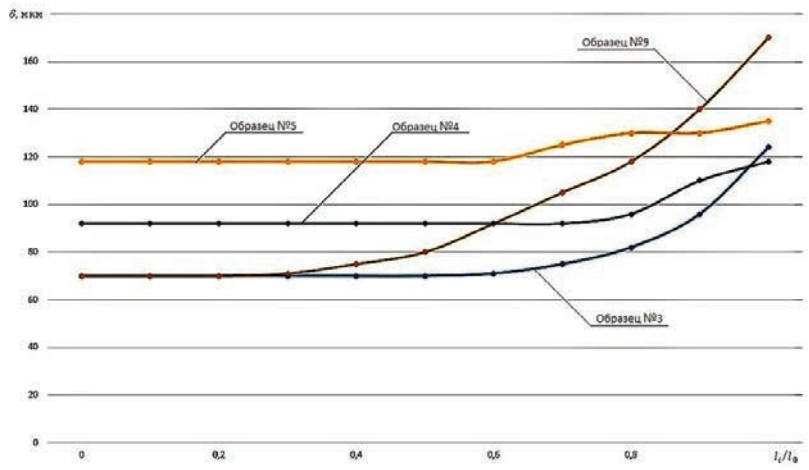


Рисунок 3. Влияние формы электрода и расстояния его до образца на толщину покрытия по полуширине образца
№9 – цилиндрическая ванна;
№3 – плоский электрод на расстоянии 100мм от детали;
№4 – плоский электрод на расстоянии 40мм от детали;
№5 – плоский электрод на расстоянии 10мм от детали.

В соответствие с программой исследований были проведены эксперименты № 6…8 при изгибе пластинчатого электрода на различные углы, при этом вершина угла находилась от образца на расстоянии 10мм. Результаты представлены на рисунке 4. Анализ показывает, что толщина покрытия на

образце в центре напротив угла изгиба электрода аналогична значению в эксперименте № 5 (плоский электрод на том же расстоянии 10 мм). Однако с удалением от центра толщина резко падает и возрастает ближе к краю пластины. Изменение угла изгиба электрода не приводит к изменению распределения толщины покрытия, что наглядно видно на рисунке 4 (здесь не приведено распределение толщины покрытия для каждого отдельного эксперимента, так как полученные зависимости отличаются незначительно).

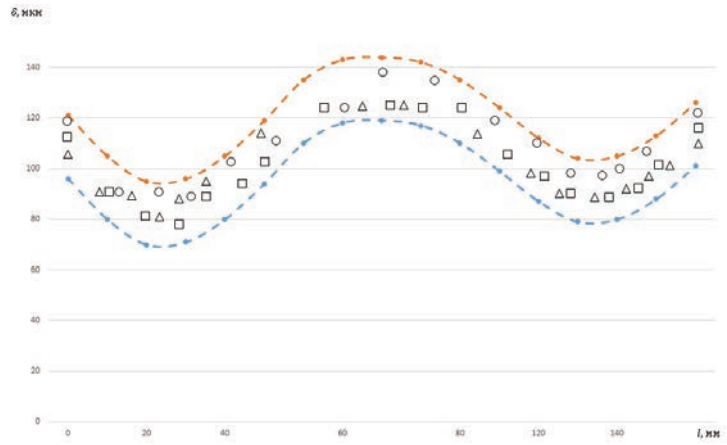


Рисунок 4. Распределение толщины МДО-покрытия по длине L пластины при различной конфигурации электрода
○- α=65˚, эксперимент №8;
□ - α=75˚, эксперимент №7;
Δ - α=100˚, эксперимент №6

Выводы:

1. При нанесении покрытий методом МДО следует применительно к конкретной конфигурации детали разрабатывать конструкцию электрода с целью получения равномерного покрытия. При этом необходимо обеспечить свободный проход электролита при барботировании между деталью и элек-тродом и свободный выход выделяющихся при МДО газов.
2. Оптимальное расстояние между деталью и электродом составляет 10 мм. При небольших плотностях тока можно электрод изготовлять из сетки, сплетенной из проволоки Х18Н10Т.
3. Применение специальных электродов приводит к перераспределению подаваемой от источника мощности и концентрации энергии между электродом и деталью. Это позволяет снизить энергоемкость процесса МДО и уменьшить потребление энергии на 20-40%.

Список литературы

1. Суминов И.В. Микродуговое оксидирование (теория, технология, оборудование) / Суминов И.В., Эпельфельд А.В., Людин В.Б., Крит Б.Л., Борисов А.М.// М.:ЭКОМЕТ, 2005 – 368 с.: ил.

2. Ракоч А.Г., Дуб А.В., Гладкова А.А. Анодирование легких сплавов при различных электрических режимах. Плазменно-электролитическая нанотехнология. М.: Изд-во ООО «Старая Басманная», 2012. – 495 с.

3. Чавдаров А.В. Условия существования и стадии роста покрытия при микродуговом оксидировании / Чавдаров А.В., Скоропупов Д.И., Першин П.Н.// Труды ГОСНИТИ-2014-Том 117.-С.268-272.

EFFECT OF THE ELECTRODE GEOMETRY ON THE DISTRIBUTION OF THE THICKNESS OF THE MDO COATING ON THE SURFACE OF THE PART

Ing. Milovanov D.A.
Dtr. Lyalyakin V.P.
Ph.D. Chavdarov A.V.
Ing. Artamonov S.A.
FGBNU FNAC VIM, Moscow
+7 (499) 174-81-15, Info@firma-tom.ru

Abstract*: The paper deals with the distribution of the thickness of oxide MDO coatings on the surface of a workpiece using geometrically different counter eletrodes/*

Keywords*: microarc oxidation, counterelectrode geometry, thickness distribution.*

Bibliography

1. Suminov I.V. Microarc oxidation (theory, technology, equipment) / Suminov IV, Eppelfeld AV, Ludin VB, Crete BL, Borisov AM // M.: EKOMET, 2005 - 368 s .: Ill.

2. Rakoch AG, Dub A.V., Gladkova A.A. Anodizing of light alloys under various electrical conditions. Plasma-electrolytic nanotechnology. M .: Publishing house "Old Basmannaya", 2012. - 495 p.

3. Chavdarov A.V. Conditions of existence and growth stages of coatings under microarc oxidation / Chavdarov AV, Skoropupov DI, Pershin PN // Proceedings of GOSNITI-2014-Volume 117.-P.268-272.

УДК 621.7

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРАКТИЧЕСКИХ И РАСЧЕТНЫХ СХЕМ ВНЕ ВАННОГО НАНЕСЕНИЯ МДО-ПОКРЫТИЯ

Милованов Д.А. инж.
Чавдаров А.В. к.т.н.
Скоропупов Д.И. инж.
Артамонов С.Н. инж.
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
+7 (499) 174-81-15, info@firma-tom.ru

Аннотация*: выполнен анализ практических и расчетных схем вне ванного нанесения МДО-покрытия.*

Ключевые слова: *микродуговое оксидирование, вне ванное МДО, схемы реализации.*

Высокие эксплуатационные характеристики покрытий, нанесенных плазменно-электролитическим оксидированием (ПЭО) или, как принято во многих российских публикаций, микродуговым оксидированием (МДО) на промышленные алюминиевые сплавы, обеспечивают повышенный интерес к данному процессу машиностроителей различных отраслей народного хозяйства. Высокая износостойкость корунда ($\alpha - Al_2O_3$), получающаяся в результате процесса МДО на поверхности сплавов алюминия, достигает износостойкости общепризнанных твердых сплавов типа ВК-8, наплавочных материалов типа ПГСр4, композиционного материала на основе карбида вольфрама, меди и никеля ($WC - 90Cu - 10Ni$) [1]. В последние годы МДО находит все большее признание среди методов защиты от износа и коррозии изделий из конструкционных материалов и создания предпосылок получения новых конструкционных материалов в микромасштабах в приповерхностных слоях конструктивных элементов, создание которых в макромасштабах недостижимо.

Наиболее широко используются в промышленности схемы ведения процесса МДО в ваннах, когда размеры покрываемых изделий существенно меньше геометрических размеров ванны и в ванну их можно поместить сразу несколько. При этом стремятся выдержать приблизительную равно удалённость обрабатываемых поверхностей изделий друг от друга и от поверхности ванны, являющейся электродом. Другим электродом являются обрабатываемые изделия. Схемы ведения процесса МДО в ваннах имеют ряд недостатков, ограничивающих распространение МДО как способа получения покрытий. К ним, в первую очередь, относится наличие ванны с электролитом, в которую загружается обрабатываемое изделие. Размеры обрабатываемых изделий ограничиваются размерами имеющихся ванн. Погружение изделия в ванну и подключение одного из полюсов источника энергии к изделию предполагает образование покрытия на всех поверхностях, включая и те, на которых покрытие не требуется. Удаление покрытия

из-за его высокой твердости и адгезионной способности к алюминиевым сплавам чрезвычайно трудоемко и требует применения, как правило, алмазного инструмента.

Практика использования процесса МДО на сплавах АД31, Д16, В95, АЛ31 показали, что в зависимости от конфигурации электродов, повторяющих поверхность изделия (т.е. от точности выдержки расстояния электрод-изделие) наносимое покрытие может иметь неравномерную толщину, так как имеет место различная напряженность электрического поля при перераспределении энергии между электродом и изделием. Этому может способствовать и конфигурация ванны (круглая, прямоугольная, квадратная, глубокая, мелкая и т.п.). Неравномерность толщины покрытия МДО свыше 30%, как правило, является браковочным признаком.

Устранение недостатков ванного процесса МДО возможно при исключении ванны, как одной из причин, приводящей к недостаткам. Предложен способ получения оксидных покрытий [2], который предусматривает подачу электролита (силикатно-щелочной раствор с добавлением при необходимости мелкодисперсных наночастиц порошков) через сопло, расположенное на расстоянии 5-15 мм от поверхности обрабатываемого изделия или одного из его участков. Форма и конфигурация сопла должна соответствовать форме и конфигурации обрабатываемой поверхности изделия.

Локальная обработка поверхности должна обеспечить большую равномерность покрытия. Поиски научно-технической информации по способу, предложенному авторами [2], взаимосвязей параметров технологического процесса с конечным результатом (толщиной покрытия МДО, её качеством, количественные характеристики параметров) не позволили установить её наличие, что и послужило основанием для исследований.

В первом приближении при постановке работы предполагали, что качественные взаимосвязи между технологическими параметрами, толщиной и качеством покрытия, полученными микродуговым оксидированием ванным способом, сохраняются и при вне ванном способе. Мгновенная скорость прироста потенциала при формировании покрытия оценивали из выражения [3]:

$$[(dv/d()]_{\downarrow}t = (j * \eta(t))/(\gamma(t)(dv/dh)_{\downarrow}t) \quad (1)$$

где: v - падение напряжения в электрохимической цепи, В;

$[$ - независимая переменная времени, с;

t - фиксированный момент времени, с;

j - среднее значение плотности тока, А/м2;

$\eta(t)$ - усредненный выход массы вещества в момент времени t;

$\gamma(t$) - средняя объемная плотность покрытия в момент времени t.

В выражении (1):

$$j = \frac{I(t)}{S} \quad (2)$$

где: S – площадь изделия, обрабатываемая МДО процессом, м^2;

I (t) – ток, А, в цепи электрод-изделие в момент времени t.

$$\eta(t) = (dm/d()_{\downarrow}t \ / \ (I(t)) \tag{3}$$

где: m – масса покрытия в кг.

Если принять падение напряжения при микродуговом процессе независящим от плотности тока, т.е. равным эффективному пробивному напряжению, связанному в основном с составом покрытия, можно оценить пробивное электросопротивление покрытия:

$$\rho * \boldsymbol{h} = \frac{v(t)}{I(t)} * S \tag{4}$$

где: ρ - удельное сопротивление покрытия;

$\boldsymbol{h}$ - толщина покрытия, после нанесения которой процесс МДО самопроизвольно прекратится, если не изменять падение напряжения в электрохимической цепи.

Математическое выражение реализации микродугового и дугового процессов, связывающее плотность тока j и температуру T раствора силиката натрия, на выход массы η оксида кремния SiO_2 с единицы площади на единицу затраченной энергии на алюминиевом сплаве АМц, имеет вид:

$$\log\eta = a + b_1\ (j - 10) + b_2\ (T - 67) \tag{5}$$

где: $a \approx 1{,}50;\ b_1 \approx 0{,}049;\ b_2 \approx 0{,}088.$

Приведенные выше теоретические выражения и технические характеристики покрытия явились отправными при выборе схем вне ванного процесса нанесения МДО-покрытий на алюминиевые сплавы.

Для разработки схем проточного (вне ванного) ведения процесса МДО рассматривали возможности организации взаимосвязи рабочего тела и энергоносителей к «точечному» источнику наращивания покрытия МДО на поверхности, так как его можно достаточно просто трансформировать на любой поверхности обрабатываемого изделия. Анализировали возможные сочетания конструктивно-технологических признаков нанесения покрытий МДО, присущих каждому виду «точечного» источника, дифференцируя их индивидуальные различия.

Результаты анализа представлены на рисунке 1.

Все перечисленные по этому классификационному признаку варианты подачи рабочего тела (электролита) должны предусматривать системы сбора и возврата в сопло рабочего тела, дозирование расхода и режима движения рабочего тела через сопло, механизм относительного перемещения «электрод-изделие», как установочного, так и рабочего.

Суммирование отдельных классификационных признаков было реализовано в различных схемах ведения процесса МДО для локальной обработки поверхностей изделий из сплавов алюминия.

Первая схема представлена на рисунке 2.

Преимущества: схема не требует системы охлаждения рабочего тела, системы перемешивания электролита. В случае относительно небольших площадей обработки, требующих мощности соизмеримой с мощностью

Рисунок 1- Классификация вне ванного МДО

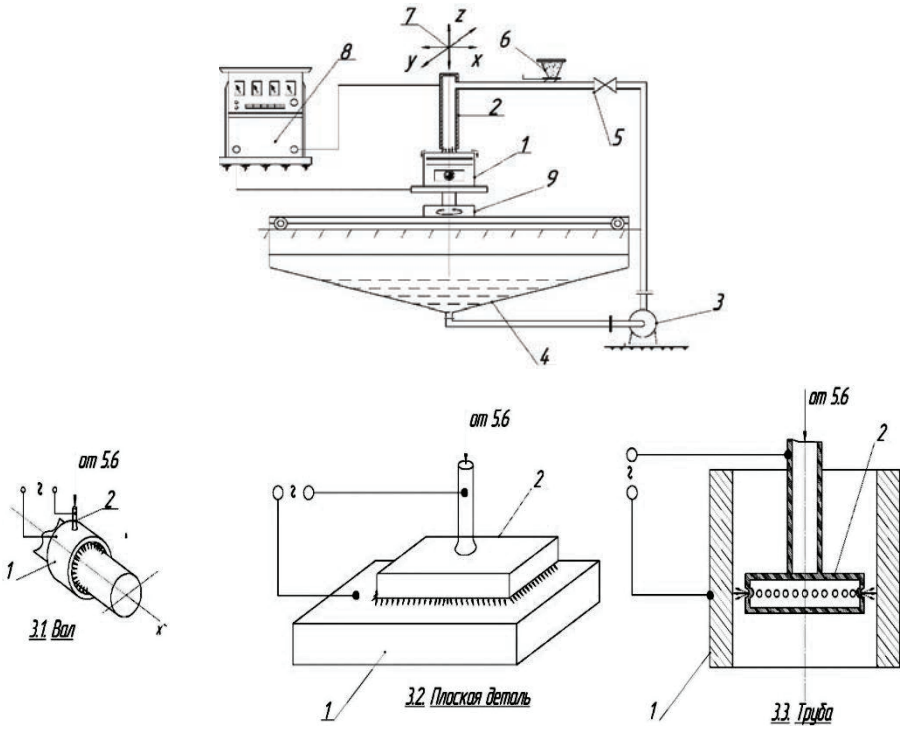


Рисунок 2 – Вне ванное МДО с полым электродом для подачи рабочего электролита
1 – деталь; 2 – электрод-сопло; 3 – насос; 4 – ванна; 5 – кран; 6 – дозатор нано присадок; 7 – механизм перемещения электрода; 8 – источник питания; 9 – стол для вращения

имеющегося источника питания, не требует механизмов перемещения «электрод-изделие».

Недостатки: схема требует организации стока электролита, прошедшего через электрод-сопло, в сборник; в случае относительно небольших площадей обработки требует изготовление сопла-электрода, по конфигурации соответствующего обрабатываемой поверхности.

Вторая схема процесса ведения МДО для локальной обработки поверхности изделий приведена на рисунке 3. Эта схема отличается от предыдущей схемы только рабочим органом, который состоит из электрически нейтрального сопла (10) и электрода (2), расположенного внутри него. Остальные элементы схемы имеют такие же обозначения и функциональные назначения, что и первой схеме (рисунок 2).

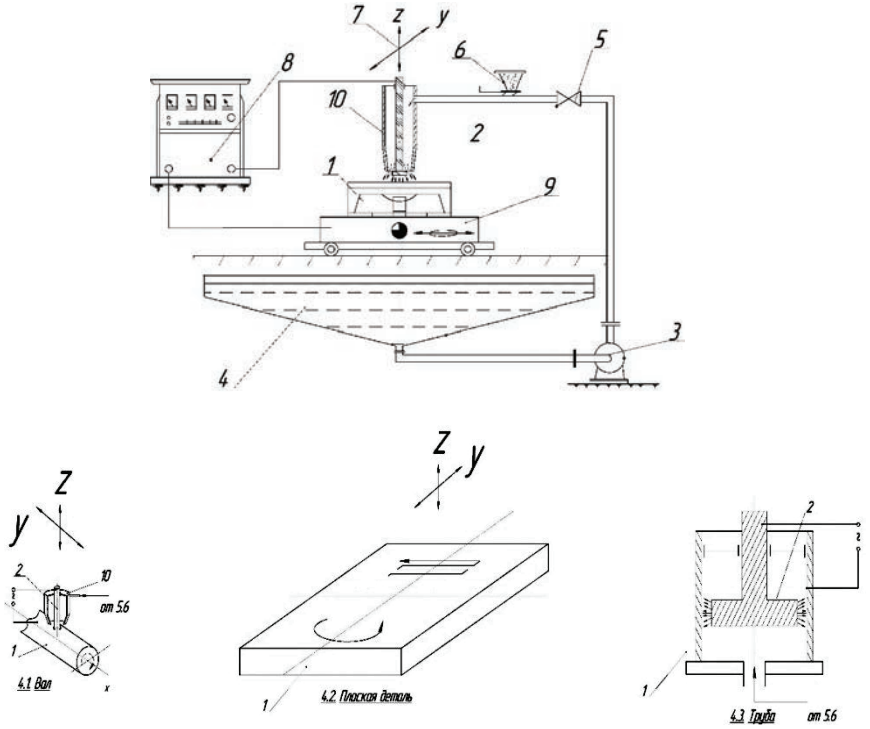


Рисунок 3- Вне ванное МДО с нейтральным соплом для рабочего электролита. 1-деталь; 2 – электрод; 3 – насос; 4 – ванна; 5 – кран; 6 – дозатор нано присадок; 7 – механизм перемещения электрода; 8 – источник питания; 9 – стол для вращения; 10 – сопло электролита

Преимущества: схема не требует системы охлаждения и системы перемешивания электролита. Позволяет интенсифицировать процесс МДО за счет увеличения плотности тока.

Недостатки: схема требует организации стока рабочего электролита, прошедшего через межэлектродное пространство, в сборник. Схема требует согласованного перемещения электролита и обрабатываемого изделия, для чего потребуются применения соответствующих механизмов и систем согласования перемещений (т.е. систем управлений ими).

Третья схема ведения процесса МДО предполагает организацию «микрованны» на поверхности обрабатываемого изделия с подачей в неё протоком рабочего электролита. Процесс идет аналогично ванному способу МДО, но в «микрообъеме» (рисунок 4).

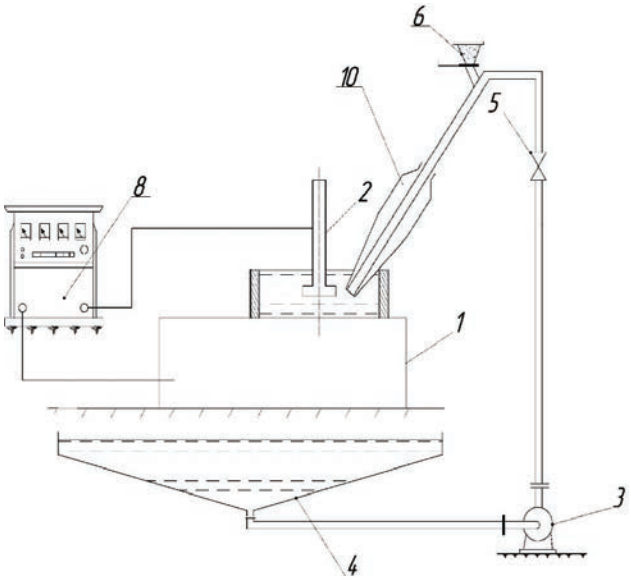


Рисунок 4- Схема МДО с микро ванной
1 – деталь; 2 – электрод; 3 – насос; 4 – ванна; 5 – кран; 6 – дозатор нано присадок;
8 – источник питания; 10 – сопло электролита

Таким образом, на основе рассмотренных схем вне ванного (проточного) ведения процесса МДО для локальной обработки поверхностей цилиндрических и плоских деталей, анализа их преимуществ и недостатков установлено, что наиболее приемлемой схемой для проведения исследований по обработке технологических параметров режимов МДО является схема по третьему варианту (рисунок 4) - по типу «микро ванны». Она имеет следующие основные преимущества перед первым и вторым вариантами:

1 Схема не требует проектирования и изготовления сложных механизмов взаимного перемещения электрод-изделие и систем управления этими перемещениями.

2 Схема не требует систем охлаждения и перемешивания электролита, как в случае широко применяемого ванного способа ведения МДО.

3 Схему можно реализовать, используя имеющийся источник питания энергией, ванну в качестве сборника электролита, насос и трубопроводы для транспортирования рабочего тела к соплу в межэлектродное пространство, вытяжную вентиляцию и т.п.

Список литературы

1. В.А.Федоров Исследование физико-механических характеристик и оценка износостойкости покрытий, нанесенных методом микродугового оксидирования [текст] //Труды МИНХ и ГП им. И.М. Губкина, вып.185 Москва 1985, С.22-39.

2. Патент РФ № 2166434. Способ изготовления изделий. [текст] // Князев Е.В., Чавдаров А.В. заявл. 21.06.00; опубл. 10.05.01

3. Гальванические покрытия в машиностроении. Справочник. В 2-х томах (под ред. М.А. Шлугера, Л.Д. Тока) [текст] -М. Машиностроение, 1985.т.2, 1985, 248с.

ANALYSIS OF EXISTING PRACTICAL AND DESIGN SCHEMES OUTSIDE OF THE BATHROOM APPLICATION OF MDO COATING

Ing. Milovanov D.A.
Ph.D. Chavdarov A.V.
Dtr. Lyalyakin V.P.
Ing. Skoropupov D.I.
Ing. Artamonov SN
FGBNU FNAC VIM, Moscow
+7 (499) 174-81-15, Info@firma-tom.ru

Abstract*: An analysis of practical and design schemes for the out-of-coverage application of a MAO coating is performed.*

Keywords*: microarc oxidation, external MDO, implementation schemes.*

Bibliography

1. VA Fyodorov Investigation of physical and mechanical characteristics and evaluation of wear resistance of coatings applied by microarc oxidation method [text] // Proceedings of the Minin and Polytechnical Institute. THEM. Gubkina, issue.185 Moscow 1985, P.22-39.

2. Patent of the Russian Federation No. 2166434. A method for manufacturing articles. [Text] // Knyazev EV, Chavdarov AV Claimed. 21.06.00; Publ. 10.05.01

3. Electroplating in mechanical engineering. Directory. In 2 volumes (under the editorship of MA Shluger, LD Toka) [text] -M. Mechanical engineering, 1985.t.2, 1985, 248p.

УДК 678.5-1

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ АНАЭРОБНЫХ ГЕРМЕТИКОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ РЕМОНТЕ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ

Кононенко А.С., д.т.н., профессор
(ФГБОУ ВО «МГТУ им. Н.Э.Баумана», Россия, 105005, г. Москва, тел.: 8 (926) 147-17-50. E-mail: as-kononenko@yandex.ru)
И.А. Кузнецов, магистрант
(ФГБОУ ВО «МГТУ им. Н.Э.Баумана», г. Москва, тел.: 8 (985) 235-98-29. E-mail: ivan.kuznetsov.work@gmail.com)

Аннотация. *В статье представлен способ восстановления посадочных мест под подшипники качения в корпусных деталях машин полимерными материалами, получен оптимальный состав нанокомпозиций, а также показано влияние нанонаполнителей на механические свойства полимерных композиций.*

Ключевые слова: *восстановление, адгезия, полимерные материалы, посадочные места под подшипники, нанокомпозиции, нанонаполнители.*

Корпусные детали относятся к одним из наиболее ответственных узлов в конструкции машины в целом, а технология их изготовления достаточно затратна и трудоемка. В то же время, одной из основных причин выбраковки корпусных деталей является износ посадочных поверхностей под подшипники качения. Восстановление изношенного узла, в большинстве случаев, экономически нецелесообразно, поэтому повышение долговечности корпусных деталей и снижение себестоимости ремонта, путём восстановления посадочных мест под подшипники качения новым технологичным методом, является актуальной задачей.

В результате эксплуатации подшипниковых узлов на поверхностях посадочных мест возникают различные дефекты: сколы, окислы, продукты коррозии и др. Изнашивание происходит в результате сложных процессов, которые протекают на сопрягаемых поверхностях наружных колец подшипников и корпусных деталей. Это является следствием того, что при запрессовке отдельные микронеровности сопрягаемых поверхностей срезаются и сминаются, а микровыступы в зонах фактического контакта пластически деформируются в течение первых циклов нагружения. В результате релаксации внутренних напряжений происходит изменение размеров контактирующих поверхностей [1]. Однако основными причинами износа посадочных мест под подшипники качения являются проворачивание наружных колец и фреттинг-коррозия.

Необходимость увеличения долговечности, сокращения времени простоя машин и снижения затрат на восстановление привела к разработке различных способов восстановления посадочных мест под подшипники качения. Самые распространенные из них: сварочно-наплавочные способы, электроконтактное напекание порошков, металлизация и электроискровое наращивание. Перечисленные способы обладают как преимуществами, так и

недостатками, которые не позволяют широко их применять в ремонтном производстве. Наиболее характерные из недостатков: высокая трудоемкость процесса, сложность технологии, высокая себестоимость и энергоемкость, потребность в дорогостоящем технологическом оборудовании, а также большой расход материалов [1]. Кроме того, эти способы не предотвращают фреттинг-коррозию сопрягаемых поверхностей.

В настоящее время широкое распространение находит ремонт полимерными материалами, который исключает описанные выше недостатки и может быть использован взамен традиционным способам восстановления [6]. По данным ГОСНИТИ, применение полимерных материалов при восстановлении деталей машин позволяет снизить себестоимость ремонта на 16...20 %, расход материала на 45...55% и трудоемкость на 25...30 % [2].

Суть восстановления подшипниковых узлов полимерными материалами заключается в том, что на поверхности посадочного места формируется упругий промежуточный слой, деформация которого способствует более равномерному распределению нагрузки между телами качения, что в конечном итоге приводит к повышению долговечности подшипников и увеличению ресурса техники [1].

Химической промышленностью постоянно обновляется номенклатура полимерных материалов. Существует множество разновидностей герметиков с различными свойствами и характеристиками, однако для восстановления посадочных мест под подшипники наиболее часто используются анаэробные полимерные составы. Их основными достоинствами являются способность заполнять труднодоступные трещины и полимеризоваться в достаточно широком диапазоне отрицательных и положительных температур.

Наибольшее распространение на российском рынке получили анаэробные герметики фирм «Loctite» (Англия), «THREE BOND» (Япония), НИИ полимеров им. Каргина (Российская Федерация) и ООО «Технобазис» (Российская Федерация).

Однако и полимерные материалы имеют свои недостатки. Это относительно невысокие упругие свойства и прочностные характеристики, а также стойкость к вибрационным нагрузкам, старению и рабочим жидкостям. Но в результате процесса модифицирования полимерного материала наполнителями, можно значительно улучшить основные механические и эксплуатационные свойства [3]. Наиболее распространенными наполнителями для модифицирования полимерных составов являются углеродные нанотрубки, фуллерены, нанопорошки, нанопластины и др. Их влияние на свойства композиции зависит от размеров частиц, концентрации в системе, а также химической природы полимерной матрицы.

С целью изучения изменения свойств при модификации, использовались импортный анаэробный герметик – Loctite-660 и его отечественный аналог Анакрол-102. Их модифицировали наиболее распространенными наполнителями, изготовленными в НПП «Центр нанотехнологий» – наноразмерным оксидом алюминия альфа типа со средним размером частиц 80 нм (далее – Al2O3) и многослойными углеродными нанотрубками DEALTOM со средним диаметром 49 нм (далее – УНТ). Оптимальная концентрация наполнителей определялась экспериментально.

Адгезионно-когезионная прочность герметиков зависит от множества факторов – химической природы матрицы, вида и концентрации наполни-

телей, способов полимеризации и т.д. Для полного ее исследования потребовалось бы достаточно много времени и усилий, поэтому исследовалось влияние лишь нескольких факторов на прочность при неизменных значениях других. Для полимерного материала, работающего в соединении «посадочное место – наружное кольцо подшипника», наиболее приемлемой является оценка прочности по нормальным (в соответствии с ГОСТ 14760-69) и касательным (в соответствии с ГОСТ 14759-69) разрушающим напряжениям, основанная на определении прочности соответственно при отрыве и сдвиге полимерного слоя.

Сущность первого метода заключается в определении силы, которую необходимо приложить, чтобы оторвать композицию от субстрата. Данная сила должна быть направлена перпендикулярно к плоскости склеивания. Перед началом испытаний поверхности образцов очищали и обезжиривали ацетоном, затем наносили исследуемые составы, а также нанокомпозиции на их основе. После полной полимеризации состава проводили испытание по определению предела прочности композиции к субстрату. Испытания проводились на универсальной разрывной машине марки Р-5, которая оказывала воздействие на образец с определенной силой. Испытания проводились с постепенным увеличением нагрузки до разрушения образца. Скорость движения зажима составляла 10 мм/мин.

Предел прочности при отрыве полимерных нанокопозиций вычисляли по формуле:

$$\sigma_{OTP} = \frac{P}{F}, \qquad (1)$$

где P – разрушающая нагрузка, Н;

F – площадь склеивания (контакта), м^2.

По полученным результатам испытаний определяли среднее арифметическое значение предела прочности:

$$\sigma_{OTP} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sigma_{i_{OTP}}, \qquad (2)$$

где n – количество испытанных образцов, шт;

$\sigma_{iотр}$ – значение предела прочности i-го образца, Па.

Сущность второго метода заключается в определении величины разрушающей силы при сжатии специально разработанного образца (рис. 1).

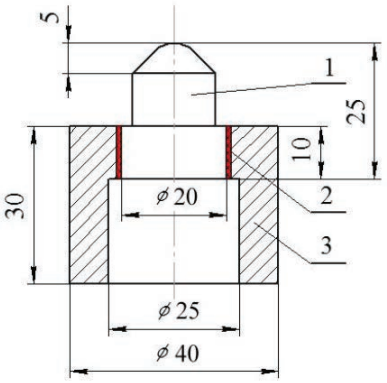


Рисунок 1 – Схема образца для определения прочности составов при сдвиге: 1 – внутренняя часть образца, 2 – исследуемый состав, 3 – наружная часть образца.

Перед испытанием образцы также очищали, обезжиривали ацетоном, затем на рабочую цилиндрическую поверхность наносили тонкий слой исследуемого состава, после чего образец собирали.

После полной полимеризации образцы подвергали нагружению на разрывной машине марки Р-5. Нагрузка постепенно увеличивалась до полного разрушения образца.

Предел прочности при сдвиге (Па) рассчитывали по формуле:

$$\tau_{сдв_i} = \frac{P}{lb}, \tag{3}$$

где Р – разрушающая сила, Н;

b – ширина зоны нанесения полимерного состава на образец, м;

$l = 2\pi R$ – длина зоны нанесения полимерного состава на образец, м.

Среднее значение предела прочности всех образцов принимали в качестве результата испытаний:

$$\bar{\tau}_{сдв} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\tau_{сдв_i}, \tag{4}$$

где n - количество испытаний образцов, шт;

$\tau_{сдвi}$ – разрушающее напряжение i–го образца, Па.

При обработке результатов следует обращать внимание на многие факторы, которые могут привести к существенной ошибке полученных результатов. К этим факторам относятся: погрешность измерений, конструкция прибора, размеры испытываемых образцов, а также квалификация лаборанта. Поэтому повторность измерений составляла не менее пяти.

В работах [4] и [5] отмечается, что при введении нанонаполнителя адгезионно-когезионная прочность увеличивается до 40 %. Экспериментальные исследования показали, что модифицирование исходных полимерных составов наночастицами также приводит к увеличению значений прочности (рис. 2 и 3). Так, при наполнении составов нанопорошком Al_2O_3, наилучшие показатели достигались при концентрации 0,1% по массе, при этом значение нормальных разрушающих напряжений у Loctite-660 увеличилось с 4,0 до 6,3 МПа, а у Анакрола-102 с 5,15 до 6,74 МПа, что соответственно составило 57,5 и 30,9 %, а значение касательных разрушающих напряжений у Loctite-660 увеличилось с 2,1 до 3,3 МПа, а у Анакрола-102 с 3,2 до 4,5 МПа, что составило 67,2 и 40,6 % соответственно. При наполнении полимерных составов УНТ, наибольшие значения прочности имели образцы с концентрацией этого наполнителя 0,5%. У Loctite-660 значения нормальных разрушающих напряжений увеличились с 4,0 до 5,6 МПа, у Анакрола-102 с 5,15 до 5,9 МПа, что соответственно составило 40,0 и 14,6 %, а значение касательных разрушающих напряжений у Loctite-660 увеличилось с 2,1 до 2,85 МПа, а у Анакрола-102 с 3,1 до 4,1 МПа, что соответственно составило 35,7 и 32,2 %.

Результаты исследований указывают на то, что наибольшее влияние наполнители оказывают на изменение прочности импортного состава Loctite -660. Это, на наш взгляд, связано с тем, что в составе отечественного аналога Анакрол-102, уже присутствуют наполнители, обеспечивающие увеличение прочностных характеристик.

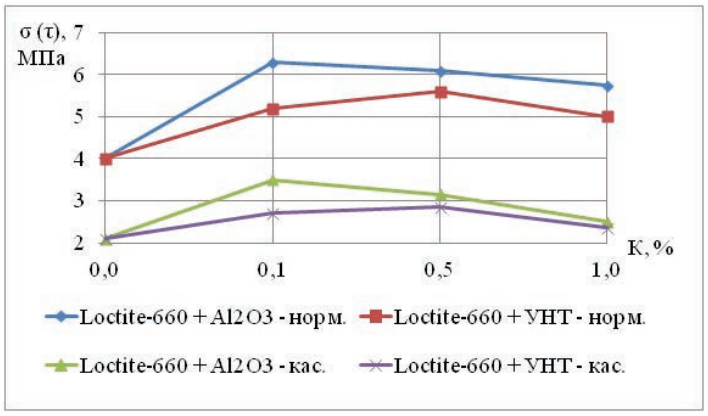


Рисунок 2 – Влияние концентрации наполнителей (К) на величину нормальных (σ) и касательных (τ) разрушающих напряжений состава Loctite-660 и нанокомпозиций на его основе.

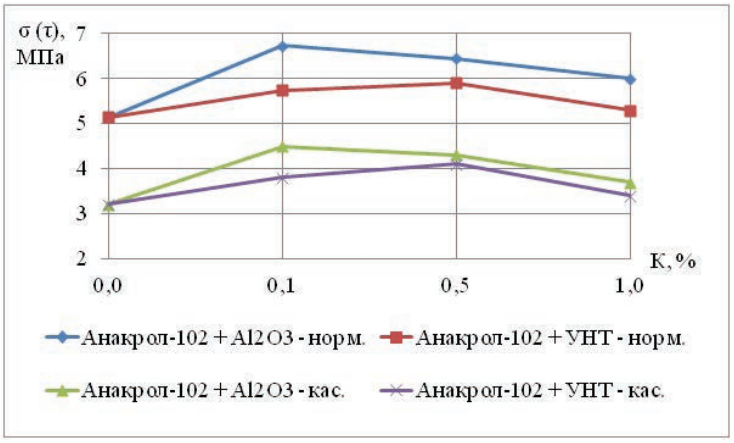


Рисунок 3 – Влияние концентрации наполнителей (К) на величину нормальных (σ) и касательных (τ) разрушающих напряжений состава Анакрол-102 и нанокомпозиций на его основе.

Анализ работ [1, 5] показал, что прочностные характеристики полимерных составов уменьшаются с увеличением толщины клеевого шва. С целью подтверждения этой теории, нами были проведены исследования по определению зависимости адгезионной прочности, которая оценивалась по нормальным разрушающим напряжениям, от толщины клеевого шва анаэробных составов Loctite-660 и Анакрол-102, а также нанокомпозиций на их основе. Испытания нанокомпозиций проводили при оптимальной концентрации наполнителей Al2O3 и УНТ, равной соответственно 0,1 и 0,5 % по массе.

Результаты исследований показали (рис. 4), что при увеличении толщины клеевого шва с 0,01 до 0,2 мм прочность составов снизилась: для ненаполненного состава Анакрол-102 на 22,7 %, а для композиций с УНТ и Al_2O_3 соответственно на 9,1 и 6,9 %. У состава Loctite-660 прочность при увеличении толщины снизилась на 17,5 %, а для композиций с УНТ и Al_2O_3 эти значения составили 8,9 и 5,6 % соответственно. Скорее всего, снижение прочностных характеристик, связано с тем, что чем больше толщина

полимерного слоя, тем больше объем полимерного материала и выше вероятность возникновения дефектов (микротрещины, поры и т.д.), которые снижают прочностные характеристики нанесенных герметиков.

Согласно результатам исследований, можно сделать вывод о том, что наполнители способствует значительному повышению прочностных характеристик композиций. У композиций состава Анакрол-102 с УНТ и Al2O3 прочность при толщине слоя 0,2 мм, оказалась выше, чем у ненаполненного состава, соответственно на 36,8 и 57,5%. У композиций на основе Loctite-660 с УНТ и Al2O3 такое увеличение соответственно составило 54,5 и 80,3 %. Результаты исследований дают основание полагать, что наномодификация полимерных составов способствует увеличению их прочностных характеристик от 14,6 до 80,3 % в зависимости от наполнителя и толщины полимерного слоя.

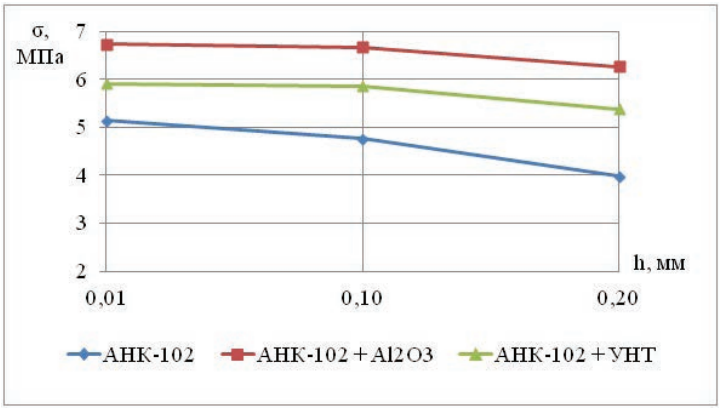


Рисунок 4 – Зависимости величины нормальных разрушающих напряжений (σ) состава Анакрол-102 от толщины клеевого шва (h).

Следует обратить внимание на тот факт, что система «герметик–субстрат» характеризуется не только величиной разрушающих напряжений при отрыве, но и типом нарушения связи между компонентами, которые по своему характеру бывают: адгезионными (адгезив целиком отделяется от субстрата), когезионными (разрушение происходит по массиву адгезива) и смешанными (происходит частичное отделение адгезива от субстрата и частичное разрушение адгезива). Поэтому после разрушения образцов обе части испытанного образца также подвергали визуальному осмотру для определения характера разрушения, который оценивается в процентах от номинальной площади склеивания с погрешностью не более 5 %.

По результатам визуального осмотра, можно сделать вывод, что в нанонаполненных составах превалирует когезионное разрушение, т.е. увеличение разрушающих напряжений происходит за счет увеличения адгезионной составляющей (таблица 1). При добавлении наполнителей формируется равномерный прочный слой нанокомпозиции. Такие изменения, скорее всего, связаны с тем, что адгезия напрямую зависит от смачиваемости соединяемых поверхностей, и тем выше, чем смачиваемость лучше. Поверхности с высокой поверхностной энергией смачиваются полностью большинством чистыми жидкостями. Поэтому, наноразмерные частицы, обладая высокой поверхностной энергией, имеют хорошую смачиваемость, а соответственно и адгезионные свойства [6].

Таблица 1

Структура разрушения полимерного слоя герметика и нанокомпозиции

Состав композиции	Толщина полимерного слоя, мм					
	0,01		0,1		0,2 мм	
	Соотношение типов разрушения, % (А – адгезионное; К – когезионное)					
	А	К	А	К	А	К
Loctite-660	15	85	19	81	31	69
Loctite-660 + УНТ	8	92	14	86	25	75
Loctite-660 + Al2O3	5	95	11	89	21	79
Анакрол-102	13	87	17	83	24	76
Анакрол-102 + УНТ	6	94	11	89	20	80
Анакрол-102 + Al2O3	2	98	8	92	17	83

Выводы. Анализ способов восстановления посадочных мест под подшипники качения в корпусных деталях машин показал, что наиболее технологичным является использование полимерных составов.

На долговечность отремонтированных деталей значительное влияние оказывает адгезия полимерных составов к восстанавливаемой поверхности. Наномодифицирование анаэробных составов Loctite-660 и его отечественного аналога Анакрол-102 углеродными нанотрубками и нанормазмерным Al_2O_3 приводит к увеличению этого показателя до 80,3 % за счет увеличения адгезионной составляющей разрушающих напряжений.

Наилучшие показатели увеличения адгезионно-когезионной прочности исследуемых составов достигалось при модифицировании нанормазмерным Al_2O_3 концентрацией 0,1% по массе.

Увеличение толщины клеевого шва приводит к снижению прочности анаэробных герметиков. Интенсивность снижения прочности при этом у нанокомпозиций ниже, чем у ненаполненных анаэробных составов до 15,8 %.

Литература

1. Курчаткин В.В. Восстановление посадок подшипников качения сельскохозяйственной техники полимерными материалами: дис. ... докт. техн. наук. М., 1989. 407 с.

2. Рекомендации по организации участков по ремонту деталей сельскохозяйственной техники с использованием полимерных материалов для мастерских колхозов, совхозов и районных объединений Госкомсельхозтехники. М.: ГОСНИТИ, 1983.

3. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.: Физматлит, Москва, 2005. – 416 с.

4. Тимофеева М.Ю. Физико-химические особенности и разработка модели процессов адгезионного взаимодействия растворов высокомолекулярных соединений. дис. ...канд.хим.наук. – М., 2005. 157 с.

5. Ли Р.И. Применение полимерных материалов в подшипниковых узлах при изготовлении и ремонте машин [Текст]: монография / Р.И. Ли. – М.: Мичуринск, Издательство МичГАУ, 2010 – 169 с.

6. Кононенко А.С. Восстановление радиаторов / А.С. Кононенко Р.В. Киселев // Сельский механизатор. – ISSN 0131-7393. – 2004. – № 6. – С.22–23.

DURABILITY INCREASING OF ANAEROBIC SEALER, USED FOR REPAIRING OF BEARING ASSEMBLY UNITS

Alexandr S. Kononenko, DocTechSci, Professor,
Moscow State Technical University n.a. N.E. Bauman,
Moscow, Tel.: +7 (926) 147-17-50, E-mail: as-kononenko@yandex.ru.
Ivan A. Kuznetsov, MA student,
Moscow State Technical University n.a. N.E. Bauman, Moscow,
Tel.: 8 (985) 235-98-29. E-mail: ivan.kuznetsov.work@gmail.com

Annotation. *The article presents a method of restoring the seats for the ball bearings in parts of machinery using polymeric materials, the optimal composition of nanocompound is achieved and the effect of nanofillers on the mechanical properties of polymeric compositions is shown.*

Keywords: *recovery, adhesion, polymer materials, seats for bearings, nanocomposites, nanofillers.*

References

1. Kurchatkin V. V. reconstruction of antifriction bearings mounting seats in agricultural machinery using polymeric materials: Dissertation for Doctor of Technical Sciences/ Moscow. 1989. - 407 p.

2. Recommendations on the organization of sites for agricultural machinery component repair using polymer materials for workshops of collective and state farms and district associations Goskomselkhoztekhniki. Moscow: GOSNITI, 1983.

3. Gusev A. I. Nanomaterials, nanostroctures, nanotechnology. - Moscow: Fizmatlit, Moscow, 2005. - 416 p.

4. Timofeeva M. Yu. Physico-chemical characteristics and the development of process models for the process of adhesive interaction of high-molecular compositions. Dissertation for PhD. - Moscow, 2005. - 157 p.

5. Lee, R. I. The use of polymeric materials in bearing units during vehicle manufacture and repair [Text]: a monograph / R. I. Lee. Moscow: Michurinsk, Michurinsk State Agrarian University Publishing, 2010 - 169 p.

6. Kononenko A.S. Radiator repairs / A.S. Kononenko, R.V. Kiselev// Agricultural mechanic. – ISSN 0131-7393. – 2004. – № 6. – Pp. 22–23.

УДК 631.3

ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В САМОХОДНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Каперзов А.О., инженер
(ФГБНУ "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ"),
г.Москва, E-mail: gosniti@list.ru

Аннотация. *В данной статье рассматриваются наиболее известные типы источников аккумуляторных батарей с выделением их основных характеристик, преимуществ и недостатков. Также производится сравнение этих источников по удельной энергии.*

Ключевые слова: аккумуляторная батарея, свинцово-кислотная батарея, литий-ионные источники, удельная энергия, жизненный цикл.

Основным оборудованием, характеризующим эффективность использования самоходной сельскохозяйственной техники, является аккумуляторная батарея (АКБ). На сегодняшний день наибольшее распространение получили свинцово-кислотные аккумуляторные батареи. Однако ведутся интенсивные исследования по поиску новых автономных источников тока, которые по многим параметрам превосходят свинцово-кислотные батареи, что крайне необходимо для интенсификации сельскохозяйственного производства.

Свинцово-кислотные аккумуляторные батареи являются наиболее распространенными среди всех источников энергии для самоходной сельскохозяйственной техники. Они просты в техническом плане, надёжны и недороги, могут работать в широком диапазоне температур, по ним отработана технология утилизации. Однако есть и существенные недостатки. Прежде всего это малый жизненный цикл, падение напряжения по мере разряда батареи, малый зарядный ток и токсичные выделения, остающиеся после выхода из строя [1]. Основные характеристики АКБ представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Характеристики свинцово-кислотной АКБ

Тип источника	Свинцово-кислотная батарея Lead-Acid
Удельная энергия, Вт·ч/кг	30…50
Удельная мощность, Вт/кг	150…300
Время зарядки	8…16 часов
Саморазряд за месяц, %	5
Срок службы	3…10 лет
Примечание	+Способны кратковременно отдавать большие токи +Относительно невысокая цена при работе в стартерном режиме -Падение ёмкости и напряжения с понижением температуры -Падение напряжения по мере разряда батареи -Малый зарядный ток -Токсичные выделения во время зарядки -Очень небольшой ресурс в тяговом режиме

Отмеченные недостатки свинцово-кислотных АКБ заставляют учёных искать такие автономные источники тока, которые будут превосходить их по характеристикам и со временем смогут заменить их при комплектации самоходной сельскохозяйственной технике. Наиболее эффективно себе показали АКБ на основе лития. На рисунке 1представлены основные типы литий-ионных батарей.

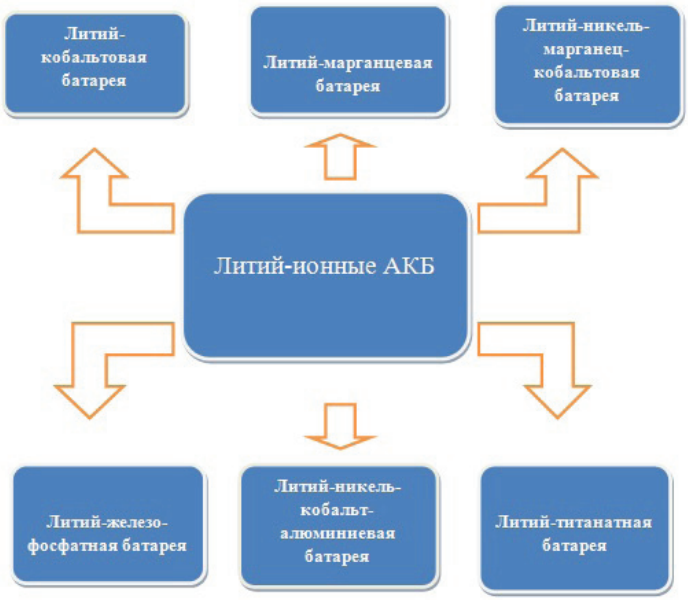


Рисунок 1- Типы литий-ионные батарей

Основные характеристики различных типов литий-ионных батарей

Литий-кобальтовая батарея ($LiCoO_2$ или LCO)

Литий-кобальтовая батарея использует оксид кобальта в качестве катода и графит как анод. Она выделяется достаточно большой удельной мощностью. Недостатком литий-кобальта является относительно малый срок службы, низкая термостойкость и удельная мощность[2]. Основные характеристики этих батарей представлены на рисунке 2 и таблице 2.

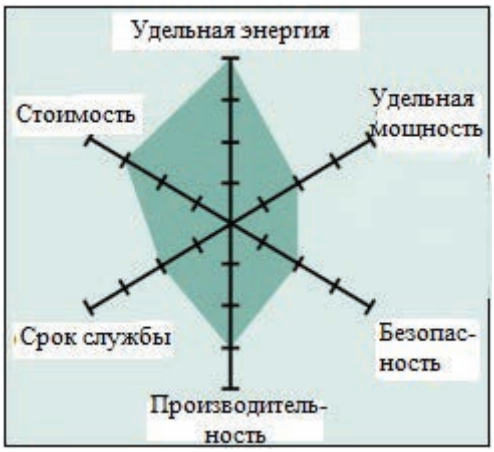


Рисунок 2- Характеристики литий-кобальтовой батареи

Таблица 2- Характеристики литий-кобальта

Литий-кобальт: $LiCoO_2$ катод (~ 60% Co), графитовый анод Краткая форма: LCO или литий-кобальт.	
Напряжение	3,60 В номинальное; Типичный рабочий диапазон 3,0-4,2 В / ячейка
Удельная энергия	150-240Вт*ч / кг.
Срок службы	500-1000 циклов
Потери тепла	150°С . Полный заряд способствует потери тепла
Вывод	Очень высокая удельная энергия, ограниченная удельная мощность. Высокая цена кобальта.

Литий-марганцевая батарея ($LiMn_2O_4$ или LMO)

Литий-ион с оксидом марганца впервые был представлен в 1983.В связи с особенностью трёхмерной структуры соединения, характеризуется более низким внутренним сопротивлением и лучшей обработкой тока. Так же явным преимуществом является высокая термическая стабильность и повышенная безопасность, но срок службы ограничен [2]. Основные характеристики этих батарей представлены на рисунке 3 и таблице 3.

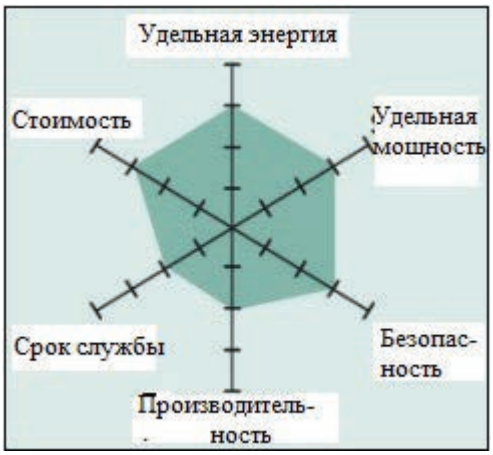


Рисунок 3 - Характеристики литий-марганцевой батареи

Таблица 3 - Характеристики литий-марганца

Литий-марганец: $LiMn_2O_4$ катод, графитовый анод **Краткая форма:** LMO или литий-марганец	
Напряжение	3,70 В (3,80 В) номинальное; Типичный рабочий диапазон 3,0-4,2 В / ячейка
Удельная энергия	100-150Вт*ч / кг
Срок службы	300-700 циклов
Потери тепла	250 °С. Высокий заряд способствует потери тепла
Вывод	Высокая мощность, но маленькая ёмкость; безопаснее, чем литий-кобальт; обычно смешивают с LiNiMg для повышения производительности.

Литий-никель-марганец-кобальтовая батарея ($LiNiMnCoO_2$ или NMC)

Одна из наиболее успешных разновидностей литий-ионных систем является использование в качестве катода никель-марганца-кобальта. Никель известен своей высокой удельной энергией, но плохой стабильностью, структура оксида марганца даёт низкое внутреннее сопротивление, но в ответ предлагает низкую удельную энергию. Сочетание металлов усиливает сильные стороны друг друга [2]. Основные характеристики этих батарей представлены на рисунке 4 и таблице 4.

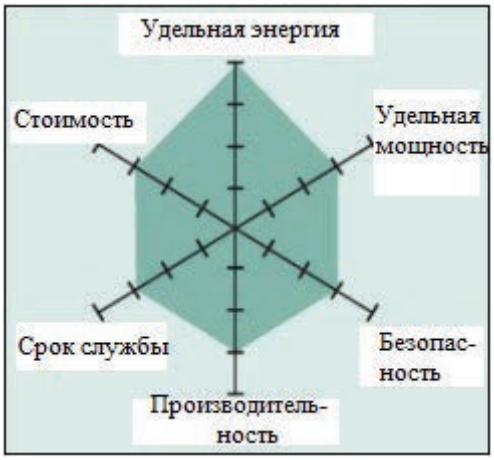


Рисунок 5 - Характеристики литий-железо-фосфатной батареи

Таблица 5 - Характеристики литий-железо-фосфата

Литий-никель-марганец-кобальтовый: $LiNiMnCoO_2$ катод, графитовый анод **Краткая форма**: NMC	
Напряжение	3,60 В, 3,70В номинальное; Типичный рабочий диапазон 3,0-4,2В / ячейка
Удельная энергия	150-220Вт*ч / кг
Срок службы	1000-2000 циклов
Потери тепла	210 ° С. Высокий заряд способствует потери тепла
Вывод	Обеспечивает высокую пропускную способность и высокую мощность. используется в гибридных автомобилях; растёт доля рынка.

Литий-никель-кобальт-алюминиевая батарея ($LiNiCoAlO_2$ или NCA)

Литий-никель-кобальт-алюминиевые батареи, или NCA, появилась примерно с 1999 года. Они похожи с NMC, предлагая высокую удельную энергию, достаточно хорошую удельную мощность и длительный срок службы. Менее хорошо показывают себя по показателям безопасности и стоимости[2]. Основные характеристики этих батарей представлены на рисунке 6 и таблице 6.

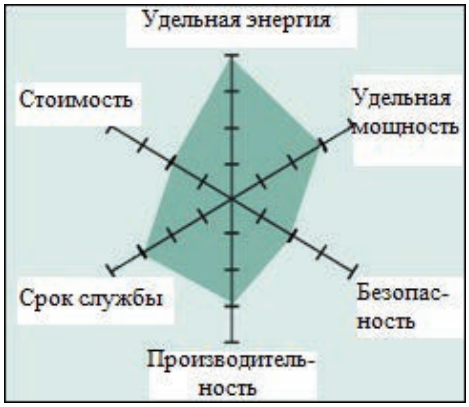


Рисунок 6 - Характеристики литий-никель-кобальт-алюминиевой батареи

Таблица 6 - Характеристики литий-никель-кобальт-алюминия

Литий-никель-кобальт-алюминий: $LiNiCoAlO_2$ катод (~ 9% Co), графитовый анод **Краткая форма:** NCA или литий-алюминий	
Напряжение	3,60 В номинальное; Типичный рабочий диапазон 3,0-4,2 В / ячейка
Удельная энергия	200-260Вт*ч / кг
Срок службы	500 циклов
Потери тепла	150 ° С, высокий заряд способствует потери тепла
Вывод	Схож с литий-кобальовым.

Литий-титанатная батарея ($Li_4Ti_5O_{12}$ или LTO)

Титанат лития заменяет графит в качестве анода типичной литий-ионной батареей и имеет схожую трёхмерную структуру с марганцом. Катодом может выступать литий-никель-марганец или NMC. Титанат лития имеет номинальное напряжение ячейки 2,40 В, может быть быстро заряжен и обеспечивает высокий ток разряда. Число циклов выше, чем у обычного литий-иона. Титанат лития безопасен, имеет отличные разрядные характеристики при низких температурах (сохраняет 80 % при -30 ° С). Так или иначе, батарея является дорогостоящей и при 65Вт*ч / кг удельная энергия является низкой [2]. Основные характеристики этих батарей представлены на рисунке 7 и таблице 7.

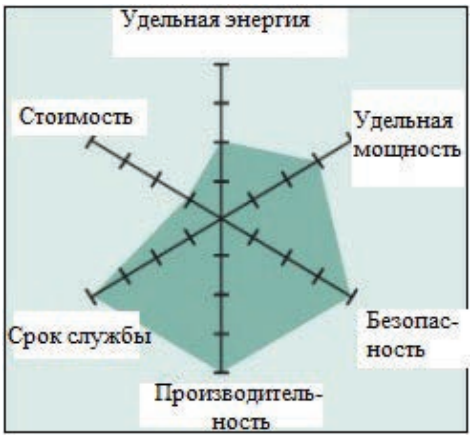
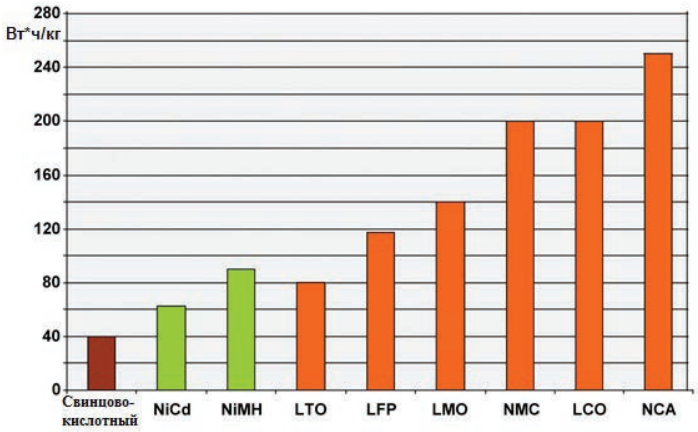


Рисунок 7 - Характеристики литий-титанатной батареи

Таблица 7 - Характеристики титаната лития

Литий-титанат: $Li_4Ti_5O_{12}$ анод, катод NMC **Краткая форма:** LTO или титанат лития	
Напряжение	2,40 В номинальное; Типичный рабочий диапазон 1,8-2,85 В / ячейка
Удельная энергия	70-80Вт*ч / кг
Срок службы	3000-7000 циклов
Потери тепла	Одна из самых безопасных литий-ионных батарей
Комментарии	Длительный срок службы, быстрая зарядка, широкий температурный диапазон, но обладает низкой удельной энергии и высокой стоимостью.

На рисунке 8 даётся сравнительный анализ удельной энергии свинцово-, литиевых систем. В то время как литий-алюминий (NCA) является явным победителем по удельной энергии, сохраняя больше возможностей, чем в других системах, это относится только к одному параметру. С точки зрения удельной мощности и термической стабильностью, литий-марганец (LMO) и литий-фосфат (LFP) не имеют себе равных. Титанат лития (LTO) имеет низкий потенциал, но эта химия переживет большинство других батарей с точки зрения продолжительности жизни, а также показывает лучшую производительность при минусовой температуры.



Выводы: представленные основные типы и технические характеристики автономных источников энергии на базе традиционных свинцово-кислотных АКБ и перспективных литий-ионных батарей дают возможность как разработчикам, так и эксплуатационникам самоходной сельскохозяйственной техники сделать правильный выбор при подборе источника энергии.

Литература:

1. Северный А.Э., Пучин Е.А., Мельников А.А. Использование, хранение и ремонт аккумуляторных батарей.-М.:ГОСНИТИ,1991.-112 с.

2. Types of Lithium-ion. http://batteryuniversity.com/learn/article/types_of_lithium_ion

THE MAIN SOURCES OF ENERGY USED IN SELF-PROPELLED AGRICULTURAL MACHINERY

Kaperzov A.O.,engineer
E-mail: gosniti@list.ru

Abstract*. In this article, the most well-known types of battery sources are considered, their main characteristics as well as advantages and disadvantages are highlighted/ Also, the sources are compared by their energy capacity.*

Keywords*: Accumulator battery, lead-acid battery, lithium-ion sources, specific energy, life span.*

List of sources used:

1. Severniy A.E. ,Puchin E.A., Melnikov A.A. Use, storage and repair of batteries.-M.:GOSNITI,1991.-112 p.

2. Types of Lithium-ion. http://batteryuniversity.com/learn/article/types_of_lithium_ion

УДК 620.194.3

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ МАТЕРИАЛОВ НА ИЗНАШИВАНИЕ ПРИ ФРЕТТИНГ-КОРРОЗИИ

Денисов В.А., главный научный сотрудник, доктор технических наук
(ФГБНУ "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ"
г. Москва, телефон: +79857221748, e-mail: va.denisov@mail.ru)
Рещиков Е.О., студент
(ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»
г. Москва, телефон: +79175076148, e-mail: egorreschikov@gmail.com)

Аннотация. *В работе рассмотрена задача расширения функциональных возможностей установки для испытания материалов на изнашивание при фреттинге и фреттинг-коррозии путем внедрения метода отслеживания динамики процесса изнашивания.*

Ключевые слова: *триботехнические испытания, фреттинг, фреттинг-коррозия.*

Цель настоящей работы заключается в модернизации и расширении функциональных возможностей экспериментальной установки типа МФК-1 для испытания материалов на изнашивание при фреттинге и фреттинг коррозии, разработанной 1998 г. в лаборатории № 11 ВНПО “Ремдеталь.

Фреттинг-коррозия – процесс разрушения плотно контактирующих поверхностей в результате малых колебательных относительных перемещений. Разрушение заключается в образовании на соприкасающихся поверхностях мелких язвин и продуктов коррозии в виде налета, пятен, порошка [1].

Данный вид изнашивания характерен для сопряженных поверхностей валов и напрессованных на них деталей, вкладышей подшипников, шпоночных и шлицевых соединений, опор силоизмерительных устройств, опорных поверхностей пружин, затянутых стыков, заклепочных и болтовых соединений.

Для оценки работоспособности восстановленных трибосопряжений проводят испытания на износостойкость. Исследование фреттинг-коррозионной стойкости материалов проводится в соответствии с ГОСТ 23.211-80 [2] на рекомендованной установке МФК-1, кинематическая схема которой приведена на рисунке 1.

Сущность методики состоит в том, что цилиндрический подвижный образец (контрообразец), соприкасающийся торцом с неподвижным образцом из исследуемого материала, при заданном давлении приводится в возвратно-вращательное движение с заданными амплитудой и частотой. Величина износа образцов определяется после проведения испытаний массовым методом.

Одним из основных недостатков МФК-1 является невозможность измерения в процессе испытания силы трения и коэффициента трения – основных

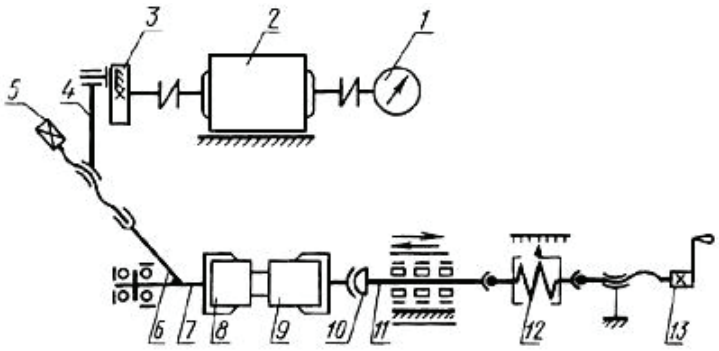


Рисунок 1 - Кинематическая схема установки МФК-1
1 – прибор для регистрации частоты вращения и количества оборотов;
2 – электродвигатель; 3 – эксцентрик с регулируемым эксцентриситетом;
4 – шатун; 5 – подстроечное устройство регулировки амплитуды; 6 – кулиса;
7 – вал; 8 – подвижный образец; 9 – неподвижный образец;
10 – самоориентирующаяся цанга; 11 – подвижная бабка;
12, 13 – нагружающее устройство

параметров, характеризующих процесс трения и изнашивания. Определение коэффициента трения в процессе испытания позволяет оценить переменные касательные напряжения, вызванные микроперемещениями при фреттинге, более глубоко изучить процессы, протекающие при изнашивании, механизмы борьбы с фреттинг-коррозией. Кроме того, при работе представленной установки происходило «искрение» управляющего устройства, что делает невозможным длительную стабильную работу при проведении испытаний, а также является небезопасным.

Для предотвращения «искрения» необходимо произвести замену двух магнитных пускателей. Чтобы обеспечить возможность непрерывной регистрации в процессе испытания силы трения, следует внести изменения в конструкцию испытательной машины с целью установки силоизмерительного устройства, а также реализовать способ передачи данных с него на компьютер для удобного отображения и обработки полученных данных.

Работу по модернизации установки условно разделили на несколько этапов.

На первом этапе в программе SolidWorks выполнили 3-D модель установки, представленную на рисунке 2, произвели моделирование процесса проведения испытаний, проанализировали работу основных функциональных узлов испытательной машины.

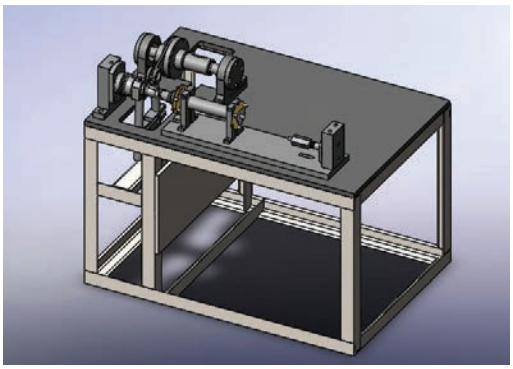


Рисунок 2 - 3-D модель модернизируемой установки

На втором этапе выполнили подбор материалов, необходимых для модернизации, разработали способ установки силоизмерительного устройства и метод передачи информации на компьютер.

В качестве силоизмерительного устройства выбрали силовой датчик TAL 220 тензометрического типа, собранный по мостовой схеме, стоимостью: 396 рублей. Для передачи аналогового сигнала, передаваемого датчиком, на компьютер использовали аналого-цифровой преобразователь HX 711, стоимостью 637 рублей и контроллер Arduino Uno R3, стоимостью: 573 рубля. Цифровой сигнал с контроллера передается посредством USB-интерфейса. Схема подключения [3] представлена на рисунке 3.

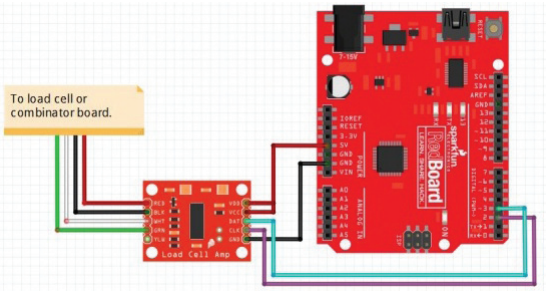


Рисунок 3 - Схема подключения силоизмерительного устройства

Для крепления датчика и передачи усилия на него со стороны нагружающего узла самостоятельно изготовили металлический кронштейн.

На третьем этапе произвели работы по монтажу датчика и отладке установки. Общий вид модернизированного узла представлен на рисунке 4. В настоящее время модернизированная установка подготовлена для проведения испытаний.

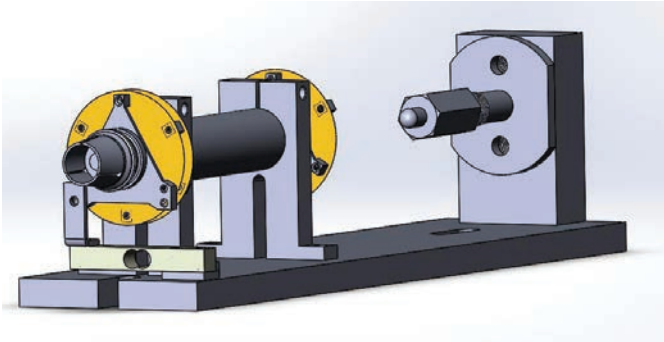


Рисунок 4. Модернизированный узел

По результатам настоящей работы подготовлен комплект конструкторской документации на модернизированную установку, проведена наладка и калибровка датчика, получены предварительные данные, обработанные в бесплатной программе StampPlot и представленные в виде графического изображения. Общая стоимость материалов, необходимых для модернизации составила 1 606 рублей.

Модернизированная установка превосходит современные аналоги, применяемые для проведения исследований, в том числе, за рубежом (например,

испытательная машина MTS 810) [4], поскольку обладает всеми необходимыми характеристиками для проведения испытаний в соответствии с ГОСТ, имеет возможность регистрировать силу трения в процессе испытания, при этом ее стоимость значительно ниже.

Литература

1. *Гаркунов Д.Н. Триботехника (износ и безызносность): Учебник. — 4-е изд.,перераб. и доп. — М.: «Издательство МСХА», 2001. 616 с., ил. 280.*
2. *ГОСТ 23.211-80. Обеспечение износостойкости изделий. Метод испытаний материалов на изнашивание при фреттинге и фреттинг-коррозии. - М.: Изд-во стандартов, 1980.- 16 с.*
3. *https://learn.sparkfun.com/tutorials/load-cell-amplifier-hx711-breakout-hookup-guide*
4. *S.R.Soria, J.P. Balbiani, M. Bergant, A. Tolley, A. Yawny Fretting damage in Incoloy® 800 tubes against different support materials. Procedia Materials Science 9 (2015) 538 – 547.*

MODERNIZATION OF THE TESTING MACHINE FOR TESTING OF MATERIALS FOR WEAR UNDER FRETTING-CORROSION

Denisov V.A., leading researcher, Doctor of Technical Sciences,
(Federal State Budget Scientific Institution
«Federal Scientific Agroengineering Center VIM» (FGBNU FNAC VIM),
Moscow, tel. +79857221748, e-mail: va.denisov@mail.ru)
Reshchikov E.O., student
(Federal state budgetary institution of higher professional education "Bauman Moscow State Technical University (National research university of technology)")
Moscow, tel. +79175076148, e-mail: egorreschikov@gmail.com)

Abstract*: the article describes the modernization of the testing machine for investigating the wear off from fretting and fretting corrosion by introducing a method of tracing the dynamics of the wear process.*

Keywords*: tribotechnical testing, fretting, fretting-corrosion.*

References

1. *Garkunov D.N. Triboengineering (wear and no-wear): a textbook for technical colleges. — 4th impression, revised and complemented. — M.: Moscow Agricultural Academy, 2001. — 616 p.*
2. *GOST 23.211-80. Products wear resistance assuring. Testing of materials for wear under fretting and fretting-corrosion conditions. - Moscow, 1980.*
3. *https://learn.sparkfun.com/tutorials/load-cell-amplifier-hx711-breakout-hookup-guide*
4. *S.R.Soria, J.P. Balbiani, M. Bergant, A. Tolley, A. Yawny Fretting damage in Incoloy® 800 tubes against different support materials. Procedia Materials Science 9 (2015) 538 – 547.*

УДК 621.892.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОРНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ АМИНОВ В КАЧЕСТВЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ

Гайдар С.М., доктор технических наук, доцент; зав. кафедрой «Материаловедение и технология машиностроения»,
Петровский Д.И., кандидат технических наук, доцент; кафедры «Технический сервис машин и оборудования»,
Петровская Е.А., старший преподаватель кафедры «Технический сервис машин и оборудования»;
Посунько И.А, аспирант кафедры «Материаловедение и технология машиностроения»
(ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва,
E-mail: dm_petrovsky@mail.ru, 8(499)976-01-70, 8(903)281-29-30).

***Аннотация**. Исследовано влияние борных производных аминов-водорастворимых ингибиторов коррозии на электрохимическое и коррозионное поведение стали Ст3. Анализ результатов полученных методом поляризационного сопротивления показал, что изменение концентрации ингибитора от 5 до 10 г/л практически не сказывается на скорости коррозии стали как непосредственно в ингибированном растворе, так и при исследовании эффекта последствия. Ингибитор эффективно тормозит электродные реакции и коррозию стали Ст3, обеспечивая Z > 50%.*

***Ключевые слова:** водорастворимые ингибиторы, коррозия, скорость коррозии, поляризационные кривые, защитный эффект.*

Цель исследования – изучение влияния борных производных аминов-водорастворимых ингибиторов коррозии на электрохимическое и коррозионное поведение стали Ст3.

Водорастворимые ингибиторы применяются при ингибировании коррозии металлов в воде и нейтральных водных средах. Так как коррозия является следствием двух сопряженных реакций – анодной ионизации металла и катодного восстановления окислителя-деполяризатора, то замедлить или приостановить ее можно путем затруднения анодной или катодной реакций [1-4]. Возможны следующие пути уменьшения реакционной способности металлов с помощью ингибиторов и пассиваторов [5]:

- увеличение поляризуемости анодного процесса (анодные ингибиторы);
- увеличение поляризуемости обеих электродных реакций (смешанные ингибиторы);
- увеличение окислительно-восстановительного потенциала системы (ингибиторы, ускоряющие катодный процесс);
- увеличение поляризуемости катодного процесса (катодные ингибиторы);
- уменьшение окислительно-восстановительного потенциала системы (катодные ингибиторы).

В качестве водорастворимых ингибиторов нашли применение неорганиче-

ские, органические соединения и их смеси. К неорганическим ингибиторам-пассиваторам можно отнести нитрит-натрия, хроматы и дихроматы натрия и калия. Пассиваторы являются хорошими, но опасными ингибиторами. При неверно выбранной концентрации в присутствии ионов Cl- или при несоответствующей кислотности среды они могут ускорить коррозию металла, в частности, вызвать очень опасную точечную коррозию. А так же ограничение в применении пассиваторов вызвано их токсичностью [6].

Органические водорастворимые ингибиторы можно разделить на летучие и контактные. Особый интерес представляет растворимые в воде контактные ингибиторы, поскольку водные растворы пожаробезопасны и нетоксичны.

Органические водорастворимые ингибиторы – это ингибиторы смешанного действия, т.е. они воздействуют на скорость как катодной, так и анодной реакций. Органические ингибиторы адсорбируются только на поверхности металла, продукты коррозии их не адсорбируют. Чаще всего они имеют в своем составе атомы азота, серы, кислорода и водорода.

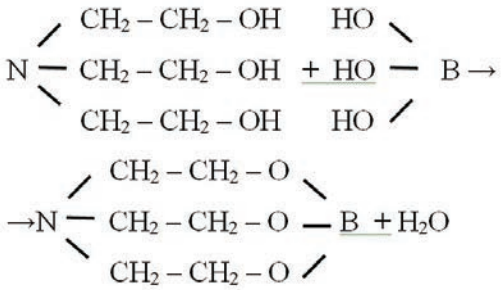
Адсорбционная, следовательно, и ингибиторная способность органических соединений может быть оценена величиной ионизационного потенциала: чем меньше потенциал ионизации, тем легче протекает процесс адсорбции.

Характер электронного взаимодействия «поверхность металла-ингибитор», его учет при оценке прочности адсорбционной связи и величины ингибиторного эффекта рассмотрены в работах [4, 7]. Установлено, что защитное действие зависит от электронодонорных свойств молекулы ингибитора, которые оценивали работой выхода электрона и значениями контактной разности потенциалов на основании молекулярных диаграмм. Особый интерес представляют первые попытки учета влияния адсорбции на величину заряда N-атома аминов. При этом было установлено, что электронная структура амина, возмущенного атомом железа, отлична от таковой в случае свободного амина [7].

Установлено, что бораты аминоспиртов имеют более высокие защитные свойства, чем соответствующие аминоспирты, их эффективность снижается в ряде борат триэтаноламина (БТЭА) > борат диэтаноламина (БДЭА) > борат моноэтаноламина (БМЭА) [8].

Увеличение защитной способности боратов аминоспиртов по сравнению с аминоспиртами, по-видимому, связанно с формированием на поверхности металла более плотной молекулярной плёнки, поскольку оксиэтильных групп больше у БТЭА, он и обладает большей защитной способностью [9].

Синтез БТЭА происходит за счет реакции конденсации между борной кислотой H_3BO_3 и триэтаноламином:



Борат триэтаноламина относится к группе контактных ингибиторов и предназначен для защиты от атмосферной коррозии изделий из черных металлов при межоперационном или длительном хранении и транспортировке, а так же для придания антикоррозионных свойств вододисперсным ЛКМ, СОЖ и ТМС.

Методика эксперимента.

Исследования были проведены:

1. в водопроводной воде;
2. в дистиллированной воде;

В растворы вводились добавки ингибитора БТЭА в концентрации (С) 5 - 50 г/л (0,5 - 5 масс. %) который растворяется при комнатной температуре.

Для оценки защитной эффективности ингибитора использовали метод линейного поляризационного сопротивления.

Пересчет данных в весовые единицы проводили посредством экстраполяции линейных тафелевых катодных и анодных участков на потенциал коррозии с последующей оценкой тока коррозии. Используем уравнение:

$$K = \gamma \cdot i_{кор} \qquad (1)$$

где К – скорость коррозии (г/м^{2}час); γ- электрохимический эквивалент железа с учетом его перехода в раствор (окисление) в виде Fe^{2+} (г/А-час); $i_{кор}$ – ток коррозии (А/м^2).

Ускоренные коррозионные испытания в водных средах проводили по методике представленной в работе [10].

Скорость коррозии (К) оценивали по потерям массы образцов из данных трех, а нередко шести – девяти параллельных опытов и определяли по формуле (2):

$$K = \frac{\Delta m}{S\tau} \qquad (2)$$

где Δm – потери массы образцов в процессе эксперимента, г; S – видимая площадь поверхности образца, м^2; τ - время экспозиции, час.

Эффективность ингибитора оценивали по защитному действию (Z) по формуле:

$$Z = \frac{K_0 - K_{инг}}{K_0} \cdot 100\% \qquad (3)$$

где K_0 и $K_{инг}$ – скорость коррозии в неингибированном и ингибированном растворах соответственно.

Экспериментальные результаты и обсуждение.

Во времени оцениваются скорость коррозии металла в неингибированной и ингибированной среде в соответствии с рисунком 1.

Величина отрезков A_1A_2 или A_1A_3 характеризует эффективность ингибитора на свежезачищенной или покрытой воздушно-оксидной плёнкой поверхности при его заданной концентрации, соответствующей условиям кривых 1, 2 и 3. Подобные отрезки между кривыми 1 и 2 или 1 и 3, оцененные по нормали к оси абсцисс и соответствующие τ > 0 от начала экс-

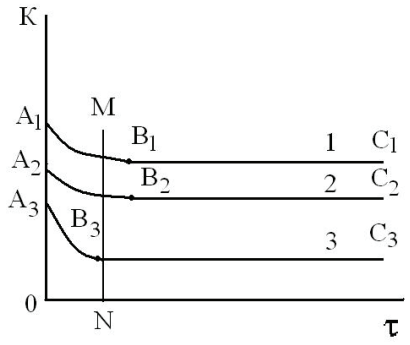


Рисунок 1. - Схематический вид зависимости скорости коррозии металла от времени в средах, обусловливающих формирование плёнки на корродирующей поверхности
1 – неингибированная, 2 и 3 – ингибированная среда.

перимента, определяют разность скоростей коррозии в неингибированной и ингибированной средах к любому рассматриваемому моменту времени τ_i. На участках B_iC_i (Рисунок 1) формирование защитной плёнки замедляется, либо вообще заканчивается и тогда $K \neq f(\tau)$. Такой подход позволяет оценить вклад ингибитора $Z_{инг}$ и плёнки $Z_{пл}$ в суммарную защитную эффективность системы Z_{Σ}.

$$Z_{инг,2} = (K_{B_1} - K_{B_2})/K_{A_1}$$

$$Z_{инг,3} = (K_{B1} - K_{B_3})/K_{A_1} \qquad (4)$$

$$Z_{пл} = (K_{A_1} - K_{B_1})/K_{A_1}$$

$Z_{пл}$ плёнки можно оценить и из разности Z_{Σ} - $Z_{инг,}$ если Z_{Σ} получена из экспериментальных результатов.

Именно к такому особому случаю относится поведение стальной поверхности в ингибированных водных растворах. В водных растворах, ингибированных Боратом, на зависимостях «скорость коррозии К – время τ» четко наблюдаются 2 участка в соответствии с рисунком 2.

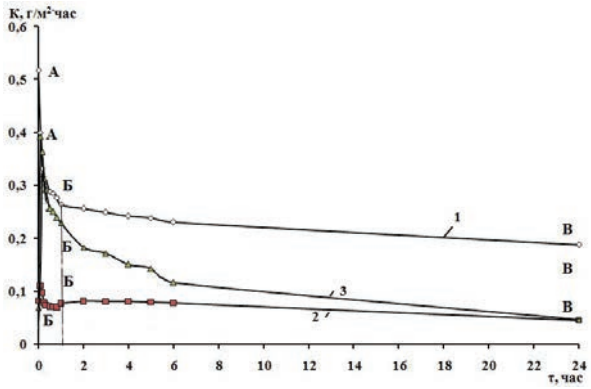


Рисунок 2 - Зависимость скорости коррозии стали Ст3 от продолжительности эксперимента в водном ингибированном (концентрация $C_{инг}$ – 50 г/л) растворе – 2, в воде после выдержки в ингибированном растворе – 3.
1 – контроль; 2, 3 – Борат

Первый участок - АБ, для которого характерно уменьшение скорости коррозии стали (К), обусловленное формированием оксида (30 минут) и последующей стабилизацией скорости коррозии (участок БВ). Последний процесс обусловлен формированием поверхностной оксидной пленки с участием ингибитора коррозии. При противокоррозионной защите деталей на стадии очистки или межоперационной консервации не предполагается длительный контакт с ингибированным водным раствором. Интерес представляет прежде всего так называемый «эффект последействия», показывающий, на сколько эффективно предварительный контакт металлической поверхности с ингибированным водным раствором сказывается на протекании на ней коррозионных процессов.

Изменение концентрации водорастворимых ингибиторов от 5 до 10 г/л практически не сказывается на скорости коррозии стали как непосредственно в ингибированном растворе, так и при исследовании эффекта последействия (Рисунок 3, кривые 2, 4, 6). С ростом концентрации исследуемых водорастворимых ингибиторов коррозии до 50 г/л в воде начальная скорость коррозии снижается: $Z_{\sum}$ изменяется на 6 -14 %, но это не оказывает существенного влияния на ход зависимостей «скорость коррозии К – время τ».

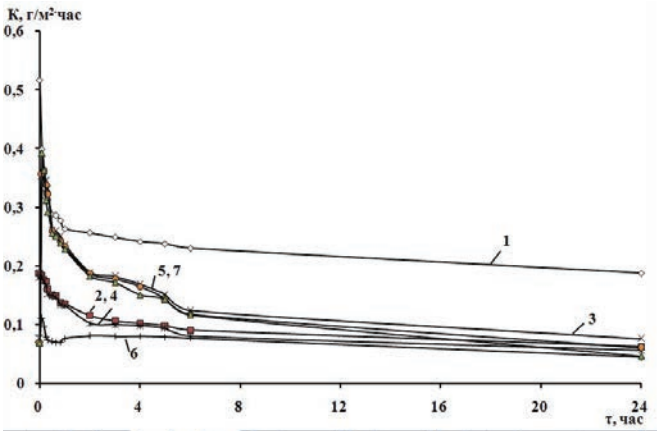


Рисунок 3 - Зависимость скорости коррозии Ст3 от продолжительности эксперимента в растворе Бората – 2, 4, 6; в воде после выдержки в ингибированном растворе 24 часа – 3, 5, 7. Концентрация Бората, г/л: 1 – 0; 2, 3 – 5; 4, 5 – 10; 6, 7 – 50

Выводы

Таким образом, для получения высокого эффекта последействия достаточен предварительный пятиминутный контакт стальных пластин с водным раствором, содержащим 5 – 10 г/л исследуемого водорастворимого ингибитора. Использование более высоких концентраций ингибитора в водных растворах не является экономически целесообразным, так как не наблюдается ярко выраженный концентрационный эффект.

Литература

1. *Шехтер, Ю. Н. Легезин Н. Е., Муравьева С. А. и др. Коррозиологические принципы защиты внутренних поверхностей металлоизделий при помощи ингибиторов коррозии ингибированных составов // Защита металлов. – 1997. Т. 33, № 3. – С. 239–246.*
2. *Гайдар, С.М. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии и износа с применением нанотехнологий Гайдар С.М.: автореф. дис. на соиск. учен. степ. докт. техн. наук (05.20.03) / Гайдар Сергей Михайлович; ФГБОУ ВПО МГАУ. – Москва, 2011. – 33 с.*
3. *Гайдар, С.М. Инновационные консервационные составы для защиты сельскохозяйственной техники от коррозии / С.М. Гайдар, Р.К. Низамов, В.Д. Прохоренков, Е.Г. Кузнецова // Техника и оборудование для села. – 2012. – № 11 (184). – С. 40-43.*
4. *Гайдар, С.М. Концепция создания ингибиторов коррозии с использованием нанотехнологических подходов / С.М. Гайдар, Р.К. Низамов, М.И. Голубев // Вестник Московского государственного университета леса – Лестной вестник. – 2012. – №7(90). – С. 140-142.*
5. *Розенфельд И. Л. Ингибиторы коррозии. – М.: Химия, 1977. – 350 с.*
6. *Вигдорович, В. И. Антикоррозионные консервационные материалы / Вигдорович В. И., Насыпайко И. Г., Прохоренков В. Д. – М.: Агропромиздат, 1987. – 128 с.*
7. *Гайдар С. М. Теория и практика создания ингибиторов коррозии для консервации сельскохозяйственной техники. / Монография. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2011. – 304 с.*
8. *Кузнецова, Е.Г. Защитная эффективность водорастворимых ингибиторов коррозии при консервации сельскохозяйственной техники / Кузнецова Е.Г., Прохоренков В.Д., Князева Л.Г., Петрашев А.И., Гайдар С.М. // Техника в сельском хозяйстве. 2012. № 6. С. 23-25.*
9. *Патент РФ 2355820. Водорастворимый ингибитор коррозии металлов / Гайдар С.М.; Заявл. 4.11.2008. Опубл. 20.05.09. Бюл. №14.*
10. *Романов, В.В. Методы исследования коррозии металлов. – М.: Металлургия. 1965. – 280 с.*

THE USE OF BORON AMINE DERIVATIVES AS WATER-SOLUBLE CORROSION INHIBITORS

Gaidar S. M., head. the Department "Materials technology and technology of mechanical engineering", doctor of technical Sciences, associate Professor.
D. I. Petrovsky, associate Professor of Department "Technical service of machines and equipment", candidate of technical Sciences, associate Professor;
Petrovskaya E. A., senior teacher of the Department "Technical service of machines and equipment";
Posunko I. A., postgraduate student of Department "Materials technology and technology of mechanical engineering"
(Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, E-mail: dm_petrovsky@mail.ru, 8(499)976-01-70, 8(903)281-29-30).

Annotation. *We investigated the effect of boron derivatives of the amines is a water-soluble corrosion inhibitors, on the electrochemical and corrosion behavior of steel St3. Analysis of the results obtained by the method of polarization resistance showed that the change in the concentration of the inhibitor from 5 to 10 g/l practically does not affect*

the corrosion rate of steel directly in the inhibited solution and in the study of the effect of consequences. The inhibitor effectively slows down electrode reactions and corrosion of steel St3, providing Z > 50%.

***Keywords**: water-soluble inhibitor, corrosion, corrosion rate, polarization curves, protective effect.*

Literature

1. *Shekhter, YU. N. Legezin N. Ye., Murav'yeva S. A. i dr. Korroziologicheskiye printsipy zashchity vnutrennikh poverkhnostey metalloizdeliy pri pomoshchi ingibitorov korrozii ingibirovannykh sostavov // Zashchita metallov. – 1997. T. 33, № 3. – S. 239–246.*
2. *Gaydar, S.M. Zashchita sel'skokhozyaystvennoy tekhniki ot korrozii i iznosa s primeneniyem nanotekhnologiy Gaydar S.M.: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. dokt. tekhn. nauk (05.20.03) / Gaydar Sergey Mikhaylovich; FGBOU VPO MGAU. – Moskva, 2011. – 33 s.*
3. *Gaydar, S.M. Innovatsionnyye konservatsionnyye sostavy dlya zashchity sel'skokhozyaystvennoy tekhniki ot korrozii / S.M. Gaydar, R.K. Nizamov, V.D. Prokhorenkov, Ye.G. Kuznetsova // Tekhnika i oborudovaniye dlya sela. – 2012. – № 11 (184). – S. 40-43.*
4. *Gaydar, S.M. Kontseptsiya sozdaniya ingibitorov korrozii s ispol'zovaniyem nanotekhnologicheskikh podkhodov / S.M. Gaydar, R.K. Nizamov, M.I. Golubev // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lestnoy vestnik. – 2012. – №7(90). – S. 140-142.*
5. *Rozenfel'd I. L. Ingibitory korrozii. – M.: Khimiya, 1977. – 350 s.*
6. *Vigdorovich, V. I. Antikorrozionnyye konservatsionnyye materialy / Vigdorovich V. I., Nasypayko I. G., Prokhorenkov V. D. – M.: Agropromizdat, 1987. – 128 s.*
7. *Gaydar S. M. Teoriya i praktika sozdaniya ingibitorov korrozii dlya konservatsii sel'skokhozyaystvennoy tekhniki. / Monografiya. – M.: FGNU «Rosinformagrotekh», 2011. – 304 s.*
8. *Kuznetsova, Ye.G. Zashchitnaya effektivnost' vodorastvorimykh ingibitorov korrozii pri konservatsii sel'skokhozyaystvennoy tekhniki / Kuznetsova Ye.G., Prokhorenkov V.D., Knyazeva L.G., Petrashev A.I., Gaydar S.M. // Tekhnika v sel'skom khozyaystve. 2012. № 6. S. 23-25.*
9. *Patent RF 2355820. Vodorastvorimyy ingibitor korrozii metallov / Gaydar S.M.; Zayavl. 4.11.2008. Opubl. 20.05.09. Byul. №14.*
10. *Romanov, V.V. Metody issledovaniya korrozii metallov. – M.: Metallurgiya. 1965. – 280 s.*

УДК 62-229.384

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИЧИН ОТКАЗОВ СИЛОВЫХ ГИДРОЦИЛИНДРОВ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

В.Н. Водяков, д.т.н., профессор
П.В. Чумаков, к.т.н., доцент
С.А. Величко, к.т.н., профессор
В.В. Кузнецов, к.т.н., доцент
Е.А. Котина, аспирант
(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева», г. Саранск, тел. 89271943750, e-mail: Velichko2005@yandex.ru)

Аннотация. *Рассмотрен механизм силового взаимодействия элементов трибосопряжений силовых гидроцилиндров, проведены расчеты и получены зависимости радиальных реакций от положения поршня. Представлены ре-зультаты микрометражных исследований деталей бывших в эксплуатации гидроцилиндров, предложены варианты восстановления их работоспособности и повышения долговечности.*

Ключевые слова: *гидроцилиндр, отказы, работоспособность, трибосопряжение, радиальная реакция, сила трения, износ.*

В силовых гидравлических приводах дорожной и сельскохозяйственной техники применяются гидроцилиндры, назначение которых заключается в преобразовании энергии, полученной рабочей жидкостью от насоса, в механическую энергию возвратно – поступательного действия для перемещения различных навесных и прицепных орудий.

По данным наших исследований, доля постепенных отказов, связанных с износами деталей, составляет более 70% от общего ремонтного фонда гидроцилиндров. При этом 80%-ный гамма-ресурс новых гидроцилиндров равен 5440 часов работы трактора, что в 1,5 раза ниже ресурса, заявленного заводом-изготовителем [1-3].

Доминирующее влияние на надежность гидроцилиндров оказывают эксплуатационные факторы, в том числе силовые взаимодействия деталей трибосопряжений.

Рассмотрим условия работы деталей силовых гидроцилиндров на примере гидроцилиндра С100/40×200, установленного на навеску трактора МТЗ 80/82, который имеет следующие технические характеристики: ход поршня – S = 200 мм; диаметр поршня – $d_п$ = 100 мм; диаметр штока – $d_ш$ = 40 мм; диаметр пальца шарнира $d_{пш}$= 25 мм; максимальное давление масла – $p_г$ = 16 МПа; тянущее усилие на штоке –$F_{гц}$= 105,5 кН; номинальная скорость движения поршня – $V_п$ = 0,15 м/с.

На рисунке 1 представлены планы положений звеньев гидроцилиндра при подъеме груза от начального положения (ACB_1) до конечного (ACB_8).

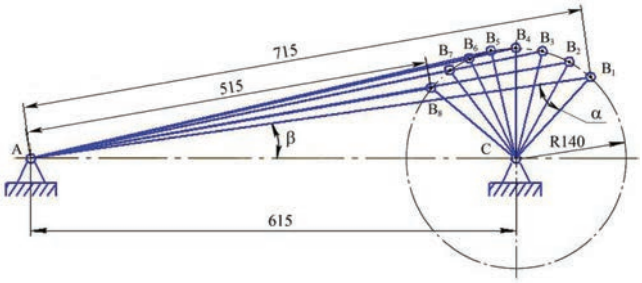


Рис. 1 – Планы положений звеньев гидроцилиндра

Таблица 1

Параметры положения звеньев силового гидроцилиндра при подъеме груза

Параметр	Текущие значения параметров							
α, град.	39,12	50,83	64,18	77,18	90	102,13	115,1	130,3
β, град.	8,25	10,17	11,82	12,82	13,15	12,87	11,9	10,0
S, мм	0	23,5	54,3	86,52	118,24	147,08	174,84	200

На рисунке 2 представлена схема сил, действующих на шток и поршень силового гидроцилиндра в переднем (а), промежуточном (б) и заднем (в) положениях штока. Из рисунка следует, что при угле 90º между осью штока 5 и рычагом 6 достигаются наиболее благоприятные условия нагружения пар трения «крышка-шток» и «поршень-гильза» из-за минимальности радиальных нагрузок, создаваемых рычагом 6 на поршень 3 и шток 5 при подъеме навесного оборудования трактора. При переходе через угол 90º наступает фазароста радиальных нагрузок.

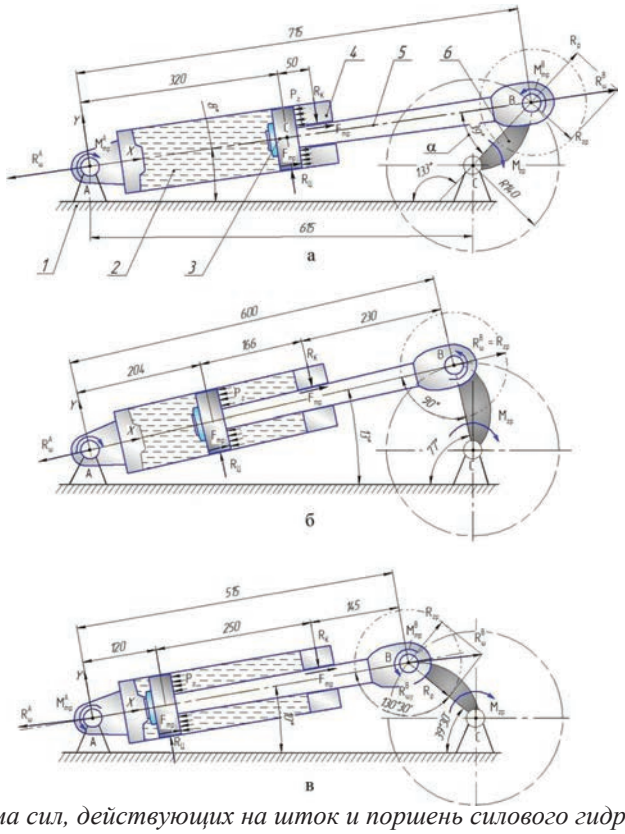


Рис. 2 – Схема сил, действующих на шток и поршень силового гидроцилиндра в перед-нем (а), промежуточном (б) и заднем (в) положениях штока: 1 – плита трактора; 2 – гильза; 3 – поршень; 4 – крышка; 5 – шток; 6 – рычаг навески

Наибольший их уровень достигается в начальном и конечном положениях поршня.

В шарнирных сочленениях A и B возникают встречные моменты трения $M_{\text{тр}}^{\text{A}}$ и $M_{\text{тр}}^{\text{B}}$, обусловленные вращением отверстий относительно пальцев. Величина моментов трения определяется значениями радиальных реакций $R_{\text{шA}}$ и $R_{\text{шB}}$ в шарнирных сопряжениях.

Эти моменты трения в свою очередь определяют возникновение реакций со стороны крышки $R_{\text{к}}$ и гильзы цилиндра $R_{\text{ц}}$. Указанные реакции определяют величину сил трения $F_{\text{тр}}$ на штоке и поршне.

Для начального положения поршня (S = 0, α = 39,12°) справедливы следующие уравнения:

$$\Sigma(F_i)_x = R_{\text{шB}}^{\max} - 0{,}25\pi(d_{\text{п}}^2 - d_{\text{ш}}^2)p_{\text{г}}^{\max} + f_{\text{к}}R_{\text{к}} + f_{\text{п}}R_{\text{ц}} = 0; \quad (1)$$

$$\Sigma(F_i)_y = R_{\text{ц}} - R_{\text{к}} = 0; \qquad R_{\text{ц}} = R_{\text{к}} = R; \quad (2)$$

$$\Sigma(M_i)_{\text{C}} = 50R_{\text{к}} - M_{\text{тр}}^{\text{B}} = 50R_{\text{к}} - 0{,}5R_{\text{шB}}^{\max} f_{\text{ш}} d_{\text{пш}} = 0 \quad (3)$$

Принимая $f_{\text{к}} = f_{\text{п}} = f$ из выражений (1) и (3) получаем, что

$$R = R_{\max} = \frac{0{,}25\pi(d_{\text{п}}^2 - d_{\text{ш}}^2)p_{\text{г}}^{\max} - R_{\text{шB}}^{\max}}{2f} = \frac{0{,}5R_{\text{шB}}^{\max} f_{\text{ш}} d_{\text{пш}}}{50}.$$

$$R_{\text{шB}}^{\max} = \frac{0{,}25\pi(d_{\text{п}}^2 - d_{\text{ш}}^2)p_{\text{г}}^{\max}}{1 + f_{\text{ш}} f d_{\text{пш}}/50} \quad (4)$$

Принимая коэффициенты трения деталей штокового и поршневого узлов f = 0,1 (трение стали по стали со смазкой), коэффициента трения в шарнирном сочленении $f_{\text{ш}}$ = 0,15 (трение стали по стали без смазки) [4] получаем из (4), что максимальное значение реакции $R_{\text{шB}}^{\max}$ = 104720 Н при $p_{\text{г}}^{\max}$ = 16 МПа.

Тогда составляющие, действующие вдоль ($R_{\text{р}}$) и поперек ($R_{\text{гр}}$) рычага:

$$\begin{aligned} R_{\text{р}} &= R_{\text{шB}}^{\max} \cdot \cos\alpha = 104720 \cdot \cos 39{,}12 = 81244 \text{ Н}, \\ R_{\text{гр}} &= R_{\text{шB}}^{\max} \cdot \sin\alpha = 104720 \cdot \sin 39{,}12 = 66073 \text{ Н} = \text{const}. \end{aligned} \quad (5)$$

При произвольном положении рычага $R_{\text{р}} = R_{\text{гр}} / tg\,\alpha$.

$$\begin{aligned} \Sigma(F_i)_x &= R_{\text{р}}\cos\alpha + R_{\text{гр}}\sin\alpha - 0{,}25\pi(d_{\text{п}}^2 - d_{\text{ш}}^2)p_{\text{г}} + 2fR = \\ &= \frac{R_{\text{гр}}\cos\alpha}{tg\,\alpha} + R_{\text{гр}}\sin\alpha + 2fR - 0{,}25\pi(d_{\text{п}}^2 - d_{\text{ш}}^2)p_{\text{г}} = 0; \end{aligned} \quad (6)$$

Из (6) следует, что давление в гидросистеме на протяжении хода поршня должно изменяться в соответствии со следующим выражением:

$$p_{\text{г}} = \frac{R_{\text{гр}}/\sin\alpha + 2fR}{0{,}25\pi(d_{\text{п}}^2 - d_{\text{ш}}^2)}. \quad (7)$$

$$\Sigma(F_i)_x = R_{шВ} - 0{,}25\pi(d_п^2 - d_ш^2)p_г + 2fR = 0;$$
$$\Sigma(F_i)_y = R_ц - R_к = 0; \qquad R_ц = R_к = R \tag{8}$$
$$\Sigma(M_i)_C = R(50 + S_x) - M_{тр}^{В} = R(50 + S_x) - 0{,}5R_{шВ}f_ш d_{пш} = 0.$$

Из первого и последнего уравнений имеем очевидное равенство:

$$0{,}125\pi(d_п^2 - d_ш^2)p_г f_ш d_{пш} = R(50 + S_x + ff_ш d_{пш}). \tag{9}$$

Подставляя в (9) выражение (7) с учетом соотношений (5) получаем после преобразований:

$$R = \frac{33036 f_ш d_{пш}}{\sin\alpha(2ff_ш d_{пш} + 50 + S_x)} \tag{10}$$

$$R_{шВ} = \frac{66072/\sin\alpha}{(2ff_ш d_{пш}/(50 + S_x) + 1)} \tag{11}$$

На рис. 3 представлены зависимости реакций шарнира $R_{шВ}$, крышки и гильзы $R=R_ц=R_к$ (2), силы трения между штоком и крышкой гидроцилиндра ($F_{тр}=f{\cdot}R$) и рабочего давления $p_г$ гидравлической системы от хода поршня S гидроцилиндра, построенные по формулам (11), (10) и (7).

Из графиков видно, что минимальные значения реакции $R_{шВ}$ и давления в гидросистеме $p_г$ достигаются при положении поршня S = 118,2 мм (таблица 1). Это связано с тем, что при данном положении поршня, угол между осью штока и рычагом навески трактора равен 90° (рисунок 3б) и реакция шарнира $R_{шВ}$ численно равна реакции подъема навески $R_{гр}$.

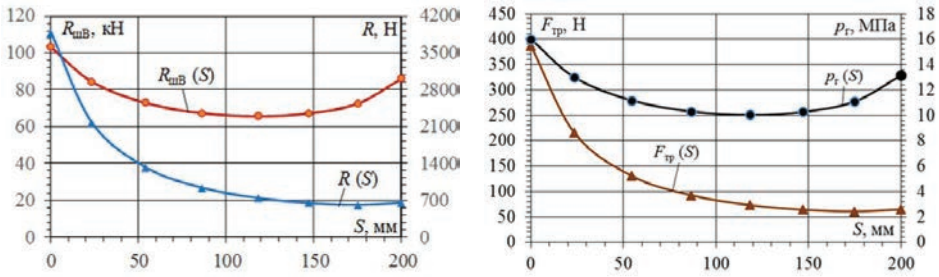


Рис. 3 – Зависимость значений реакций (а), силы трения и давления в гидросистеме (б) от положения поршня

При значениях угла между осью штока и рычагом навески трактора, отличном от 900, гидроцилиндру необходимо преодолеть большее сопротивление для подъёма навески, вследствие чего требуется большее давление в гидросистеме рг, что в свою очередь приводит к увеличению реакции $R_{шВ}$. Максимальные значения реакция $R_{шВ}$ и давление в гидросистеме $p_г$ принимают в начале подъема навески трактора.

Минимальные значения силы трения $F_{тр}$ и реакций крышки и гильзы R достигаются при S = 175 мм, то есть в положении, близком концу хода гидроцилиндра при поднятии навески трактора, когда расстояние между поршнем и крышкой близко к максимальному значению. А максимальные

значения силы трения $F_{тр}$ и реакций крышки и гильзы R достигаются в начале подъема навески - при максимально близком расстоянии между поршнем и крышкой.

Однако, более половины хода гидроцилиндра, при положениях поршня от 86,52 до 200 мм (таблица 1), величина сил реакций крышки и гильзы ($R=R_ц=R_к$) изменяется незначительно (рисунок 3а) и имеет среднее значение, равное примерно 710 Н.

Таким образом, значения сил реакций R и сила трения $F_{тр}$ деталей штокового и поршневого уплотнительных узлов изменяются в процессе всего рабочего цикла гидроцилиндра, что приводит к неравномерному износу рабочих поверхностей трибосопряжений.

Микрометражные исследования проведены для аналогичных по конструкции гидроцилиндров различных марок серии С (С70, С90, С100), устанавливаемых в гидросистемах тракторов и сельскохозяйственных машин. Для исследования износов деталей принимались гидроцилиндры без дефектов поверхностей штоков и гильз [1, 5], по результатам входного контроля которых после замены уплотнений, значение общего КПД составляло ниже допустимого значения:

$$\eta_{общ}^{доп} = 0{,}824.$$

Для всех исследуемых марок гидроцилиндров плоскостью максимального износа поверхностей деталей является вертикальная плоскость – плоскость действия реакции ($R=R_ц=R_к$) (рисунок 1). При этом наиболее изношенные поверхности штока и гильзы по сечениям наблюдаются в положении гидроцилиндра, соответствующем положению опущенного груза – где, согласно рис. 3б, сила трения $F_{тр}$ рабочих поверхностей деталей принимает наибольшее значение.

В связи с этим, составлены выборки износов передней крышки, штока, гильзы цилиндра и поршня по маркам гидроцилиндров в наиболее изношенных сечениях и плоскостях. Результаты проверки полученных значений износов деталей на соответствие нормальному закону распределения по критерию Шапиро–Уилка показали, что для каждой из марок гидроцилиндров значение уровня значимости $p_W < 0{,}05$, что отвергает нулевую гипотезу о нормальном распределении значений износов. Таким образом, сравнение выборок на расходимость по t-критерию некорректно. В связи с этим, с целью возможности объединения одноименных выборок по маркам гидроцилиндров, сравнение на расходимость проводилось методами непараметрической статистики, одним из которых является критерий Краскела – Уоллиса – $p_{KW} < 0{,}05$.

По результатам сравнения выборок одноименных деталей на расходимость, уровень значимости критерия Краскела–Уоллиса более 0,05. Из этого следует, что сравниваемые выборки имеют одно и то же распределение или распределения с одной и той же медианой, что свидетельствует о возможности их объединения.

Проверка объединенных выборок по критерию сходимости Холландера–Порошана (pX-П > 0,05) показала что износы подчиняются закону распределе-ния Вейбулла. Статистические параметры закона распределения износов де-талей, представлены в таблице 2.

Таблица 2
Статистические параметры распределения износов деталей бывших в эксплуатации гидроцилиндров

Деталь	Поверхность	Параметры теоретического распределения значений износов Вейбулла			
		a	*b*	μ_U, мкм	$p_{х\text{-}п}$
Передняя крышка	Отверстие под шток	249,26	1,68	200,40	0,2933
Шток	Наружная поверхность	17,44	3,18	15,54	0,519
Гильза цилиндра	Внутренняя поверхность	74,38	2,52	64,31	0,331
Поршень	Наружная поверхность	126,72	2,09	106,34	0,330

Выводы

1. Из анализа причин отказов силовых гидроцилиндров следует, что на их работоспособность значительное влияние оказывает силовой режим работы, который приводит к возникновению значительных реакций со стороны крыш-ки и гильзы цилиндра. При этом величина реакций в переднем положении поршня практически в шесть раз больше реакций, реализуемых в заднем поло-жении. Всё это приводит к возникновению в вертикальной плоскости значи-тельных износов рабочих поверхностей сопряженных деталей и увеличению зазоров в подвижных уплотнительных узлах.

2. Для восстановления работоспособности и повышения долговечности силовых гидроцилиндров возможно два пути решения задачи:

1) восстановление изношенных поверхностей деталей в подвижных узлах нанесением антифрикционных металлопокрытий, триботехнические параметры которых превосходят триботехнические параметры материалов новых деталей;

2) изменение конструкции трибосопряжений путем монтажа в крышку и поршень гидроцилиндров направляющих опорных колец из износостойких полимерных композитов [6-7], что приведет значительному снижению интенсивности изнашивания деталей ресурсоопределяющих сопряжений и снижению трудоемкости ремонта гидроцилиндров.

Публикация подготовлена при финансовой поддержке Минобрнауки Рос-сии (госзадание, направление: развитие компетенций, проект №11.3416.2017/4.6) «Разработка технологий и средств повышения долговечности деталей, узлов, агрегатов машин и оборудования путем создания наноструктурированных покрытий источниками концентрированной энергии».

Литература

1. Величко С.А. Повышение долговечности поршневых гидроцилиндров с применением электроискровой технологии : монография / С.А. Величко, П.В. Сенин, П.В. Чумаков; под общ. ред. П.В. Сенина. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2016. – 108с.

2. Чумаков П. В. Технология ремонта силовых гидроцилиндров сельскохозяйственной техники электроискровым методом: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.03 / Чумаков Павел Васильевич. – Саранск, 2013. – 19 с.

3. Бурумкулов Ф.Х. Ресурсосбережение на основе повышения межремонтной наработки силовых гидроцилиндров / Ф.Х. Бурумкулов , С.А. Величко, П.В. Чумаков // Труды ГОСНИТИ. 2012. Т. 109. № 1. С. 110-114.

4. Трение, изнашивание, смазка: Справочник. В 2-х кн..Под ред. И.В. Крагельского, В.В. Алисина. – М.: Машиностроение, 1978 – Кн. 1. 400 с.

5. Бурумкулов Ф.Х. Анализ причин потери работоспособности силовых цилиндров гидросистем тракторов / Ф.Х. Бурумкулов , С.А. Величко, П.В. Чу-маков / Повышение эффективности функционирования механических и энерге-тических систем // материалы Всерос. научн. -техн. конф., 19-23 окт. 2009 г./редкол.: П.В. Сенин [и др.]. -Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2009. С. 23-25.

6. Котина Е.А. Перспективы использования шунгита в антифрикционных композитах на основе полиамида / Е.А. Котина, В.Н. Водяков, В.В. Кузнецов, А.А. Кузьмин // Сельский механизатор. – 2016. – № 9, с. 24-26.

7. Котина Е.А. Перспективы использования сверхвысокомолекулярного полиэтилена в трибосопряжениях силовых гидроцилиндров / Е.А. Котина, В.Н. Водяков, К.А. Куликовская // Инновационное направление учебно-методической и научной деятельности кафедр материаловедения и технологий конструкционных материалов: материалы Всерос. совещ. с междунар. участием зав. кафедрами материаловедения и технологий конструкц. материалов / редкол.: С.М. Вдовин (отв. ред.) [и др.]. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2016. С. 187-192.

KINEMATIC ANALYSIS OF CAUSES OF FAILURES POWER AUTOTRACTOR MACHINERY HYDRAULIC CYLINDERS

V. N. Vodyakov, Dr.Sci.Tech., professor
P. V. Chumakov, PhD in Technological Sciences, associate professor
S. A. Velichko, PhD in Technological Sciences, professor
V. V. Kuznetsov, PhD in Technological Sciences, associate professor
E. A. Kotina, graduate student
(Federal state budgetary educational institution of higher education «National research Mordovian state university of N. P. Ogarev», Saransk, ph. 89271943750, e-mail: Velichko2005@yandex.ru)

Summary

The gear of power interaction of elements of tribosoprya-zheniye of power hydraulic cylinders is considered, calculations are carried out and dependences of radial reactions on position of the bucket are received. Results the mikrometrazhnykh of probes of details of the hydraulic cylinders which were in operation are presented, options of restoration of their working capacity and increase in durability are offered.

Keywords*: hydraulic cylinder, refusals, working capacity, triboso-pryazheniye, radial reaction, friction force, wear.*

Literature

1. Velichko S.A. Increase of durability of the piston hydrocylinder-ing with the use of electric-spark technologies: monograph / S.A. Velichko, P.V. Senin, P.V. Chumakov; under the General editorship P.V. Senin. – Saransk: Publishing house Mordov. University press, 2016. – 108 p.

2. Chumakov P.V. the Technology of repair of hydrocylinders agricultural machinery electric-spark method: Avtoref. dis. Cand. tech. Sciences: 05.20.03 / Chumakov Pavel. – Saransk, 2013. – 19 p.

3. Burumkulov F.H. Resource conservation through improved Megre-Monthan developments power cylinders / F.H. Burumkulov , S.A. Velichko, P.V. Chumakov // Proceedings of GOSNITI. 2012. T. 109. No. 1. p. 110-114.

4. Friction, wear, lubrication: a Handbook. In 2 vol..ed. by I.V. Kragelsky, V.V. Alisin. – M.: Mashinostroenie, 1978 – Vol. 1. 400 p.

5. Burumkulov F.H. Analysis of the causes of loss of efficiency of the power cylinders of hydraulic tractor / F.H. Burumkulov , S.A. Velichko, P.V. Chumakov / efficiency mechanical and energy systems // materials of all-Russia. scientific. -tekhn. Conf. 19-23 Oct. 2009/ redkol.: P.V. Senin [and others]. -Saransk: Publishing house Mordov. University press, 2009. p. 23-25.

6. Kotina E.A. Prospects for the use of shungite in antifriction-tion composites based on polyamide / E.A. Kotina, V.N. Vodyakov, V.V. Kuznetsov, A.A. Kuzmin // Rural machine operator. – 2016. No. 9, p. 24-26.

7. Kotina E.A. Prospects for the use of UHMW polyethylene in friction units of power cylinders / E.A. Kotina, V.N. Vodyakov, K.A. Kulikovskaya // Innovative direction of teaching and research activities of the departments of materials science and technology of structural materials: materials of vseros. the meeting. with int. participation head. departments of materials science and technology design. materials / redkol.: Vdovin S.M. (resp. ed.) [et al.]. – Saransk: Publishing house Mordov. University press, 2016. p. 187-192.

УДК 621.9.047

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОЛИЗА НА МИКРОТВЕРДОСТЬ ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

С.Ю. Жачкин, доктор технических наук, профессор
(ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, тел. 89081499632, e-mail: zhach@list.ru)
Н.А. Пеньков, кандидат технических наук
(Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж, тел. 89507682407, e-mail: myth_np_nikit@mail.ru)
Р.Н. Задорожний, кандидат технических наук
«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ), г. Москва, тел. 84957093390)
С.В. Нелысов, соискатель
(ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, тел. 89081499632)

Аннотация*: в статье рассматривается возможность управления микротвердостью композитных гальванических покрытий на основе железной матрицы. Получены результаты, позволяющие получать заданную микротвердость в композитных гальванических покрытиях путем варьирования режимных параметров осаждения.*

Ключевые слова: *железнение, покрытие, механическая обработка.*

Цель исследования. Микротвердость покрытий имеет важное значение, так как функционально определяет их износостойкость. Из литературных источников [1] известно, что внедрение чужеродных включений в гальваническую матрицу позволяет повысить микротвердость получаемых композитных покрытий. Для оценки искажений кристаллической решетки покрытия, получаемой при внедрении дисперсных частиц наполнителя, применялась методика, описанная в ряде работ [2, 3]. Рентгенограммы, снятые на кобальтовом излучении по методу обратной съемки в камере КРОС-1 с алюминиевым эталоном, фотометрировались на микрофотометре МФ-2 с использованием логарифмической шкалы. Величина искажений U, м определялась по интегральной ширине линии (310)Fe, которая получалась в результате деления площади кривой почернения на ее максимальную высоту. Абсолютная ошибка при этом колебалась в пределах 0,04—0,06 мм.

Как показала практика, введение в хлористый электролит мелкодисперсных частиц наполнителя оказывает большое влияние на процесс электрокристаллизации и, соответственно, на искажения кристаллической решетки. С увеличением их концентрации искажения решетки постепенно растут, проходят через максимум при концентрации наполнителя 100 мг/см^3, а затем падают, как показано на рисунке 1.

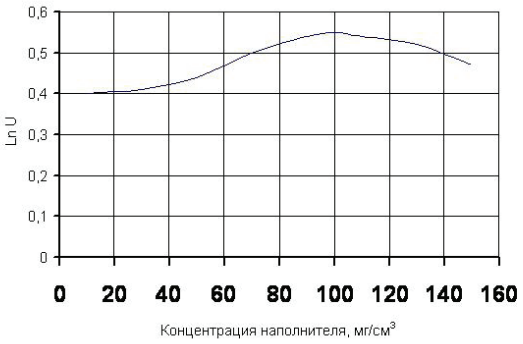


Рисунок 1. Влияние концентрации наполнителя в гальванической матрице на искажения кристаллической решетки

Наличие максимумов искажений решетки осаждаемого покрытия при одной и той же концентрации составляющих электролита дает основание считать, что эти искажения возникают в процессе электрокристаллизации, а на характер их изменения оказывает влияние концентрация дисперсного наполнителя композитного покрытия. Другими словами, искажения кристаллической решетки находятся в прямой зависимости от концентрации дисперсного наполнителя.

Полученные результаты хорошо согласуются и с общепринятой теорией электрокристаллизации [4]. Разряд ионов, как известно, происходит на небольших активных участках кристаллов. При этом двумерные зародыши, являющиеся основой будущих граней, могут образовываться лишь при определенном перенапряжении, в противном случае, они являются неустойчивыми и распадаются. Для образования зародышей требуется некоторая энергия активации.

Чем больше катодная поляризация, что и имеет место в процессе гальваноконтактного осаждения (ГКО) железа благодаря наличию механической активации поверхности катода инструментом, тем больше в единицу времени образуется центров кристаллизации, тем более дисперсным получается электролитический осадок и с большими искажениями кристаллической решетки.

Методика. Для изучения влияния электролиза на микротвердость получаемых покрытий применялось математическое планирование эксперимента [5]. Был реализован полный факторный эксперимент 23. Характеристики плана эксперимента выбирались из условия получения композитных железных покрытий с максимальной твердостью (концентрация дисперсного наполнителя в покрытии составила 100 мг/см3) и рациональной производительностью. В результате области варьирования независимых переменных были выбраны следующие:

плотность тока, i А/дм^2: 24 – 30;

температура электролита, t ^{o}C: 70 – 90;

давление инструмента, P Мпа: 1 – 2;

скорость главного движения $V_{гл}$ м/мин: 0,5 – 5,5;

скорость вспомогательного движения $V_{всп}$ мин-1: 80 – 160.

В качестве зависимой переменной была взята микротвердость покрытий (H_{μ}, МПа). Исследования проводились методом регрессионного

анализа, для чего на основании экспериментальных данных была построена матрица планирования, содержащая зависимую и независимые переменные. Одним из условий этого метода является предположение о функциональной независимости варьируемых переменных. Для оценки этого положения проводился корреляционный анализ. На основании анализа матрицы коэффициентов парной корреляции, был сделан вывод о необходимости включения в модель таких факторов исследуемого процесса, как плотность тока, температура рабочей среды, давление инструмента на поверхность. Остальные факторы процесса оказались не значимы.

Следующим этапом работы является подбор математической модели, наиболее точно описывающей исследуемый процесс.

Анализируя вычисления, установлено, что наилучшим образом описывает исследуемый процесс полином первой степени со свободным членом, т.к. для него коэффициент детерминированности имеет наибольшее значение.

Проверка адекватности выбранной модели по критерию Фишера, показала, что уравнение регрессии адекватно описывает влияние основных факторов процесса железнения методом ГКО на микротвердость получаемых покрытий.

Результаты и обсуждения. В результате расчета пошаговой множественной регрессии с применением пакета научных подпрограмм «Statistika» получено уравнение (1), описывающее зависимость микротвердости от исследуемых факторов:

$$H_{\mu} = 6709{,}83 + 100i - 15{,}983t + 155{,}16p \qquad (1)$$

Анализ позволил выявить, что зависимость микротвердости от исследуемых факторов сильная - множественный коэффициент корреляции достигает значения 0,999.

Анализируя корреляционную матрицу, видно, что наибольшее значение на микротвердость оказывает плотность тока (коэффициент корреляции 0,863). Менее значительно влияют на микротвердость температура электролита (коэффициент корреляции – 0,459) и давление инструмента (коэффициент корреляции 0,223).

После проверки значимости коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента [5], выяснилось, что все коэффициенты регрессии оказались значимыми, т.к. вычисленные значения критерия Стьюдента оказались больше критического $t_{крит.} = 2{,}776$ [5], а их абсолютные значения оказались больше соответствующих стандартных ошибок

Таким образом, уравнение, описывающее зависимость микротвердости композитного покрытия на основе железной матрицы, имеет вид представленный формулой (1).

Из анализа влияния исследуемых факторов на микротвердость покрытий следует, что с увеличением температуры электролита микротвердость покрытий уменьшается, что хорошо согласуется с характером влияния температуры электролита на микротвердость как при обычном железнении [6], так и при гальваноконтактном методе осаждения композитных железных покрытий [6] и объясняется, видимо, увеличением пластичности железа с повышением температуры электролита. Как показала практика, наиболее рациональной плотностью тока для получения качественных композитов на основе железной матрицы, является значение 28 А/дм^2, так как позволяет

осаждать покрытия с наилучшим качеством. Дальнейшее увеличение плотности тока, немного увеличивая скорость осаждения покрытий, дает значительное ухудшение их качества. В связи с этим, пространственный отклик регрессионной модели представленный на рисунке 2, построен для плотности тока 28 А/м^2.

На рисунке 3 показана номограмма для определения режимных параметров обработки с целью получения композитных железных покрытий заданной микротвердости.

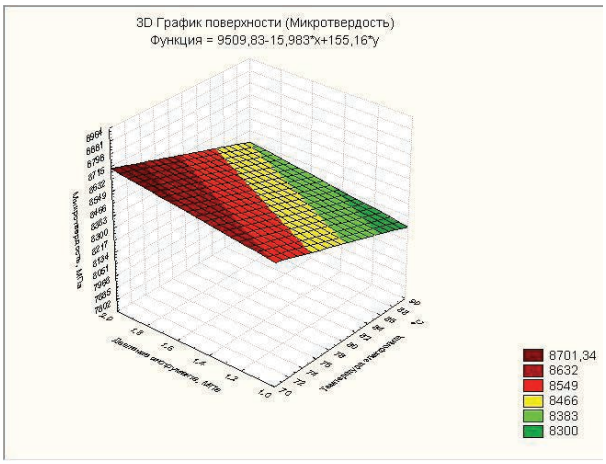


Рисунок 2. Отклик регрессионной модели при i = 28 А/дм^2

Увеличение плотности тока приводит к увеличению микротвердости получаемых композитных железных покрытий и объясняется, видимо, экстремальным характером зависимости микротвердости от плотности тока, когда максимальная микротвердость наблюдается при определенной плотности тока.

Величина давления инструмента в исследуемом диапазоне влияет на величину микротвердости получаемых покрытий прямо пропорционально.

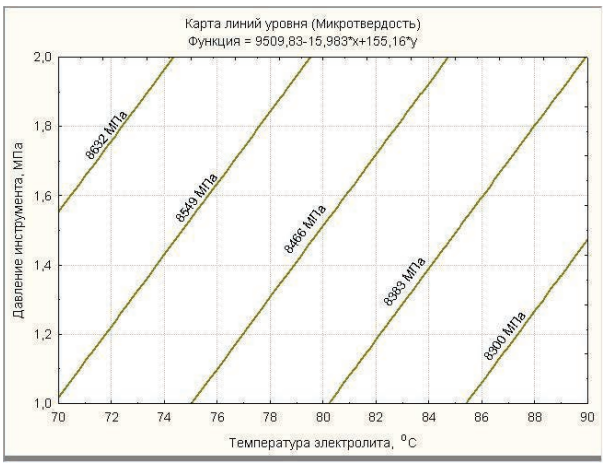


Рисунок 3. Микротвердость (МПа) композитных железных покрытий при i = 28 А/дм^2

Микротвердость композитных железных покрытий, полученных методом ГКО, соответствует значениям 8300 – 8700 МПа, а микротвердости покрытий, полученных традиционным железнением 6500 – 6700 МПа.

Выводы. Таким образом, экспериментально доказано, что технология ГКО позволяет превзойти микротвердость железных покрытий, полученных по стандартной технологии без ухудшения их остальных физико-механических свойств, что позволяет прогнозировать достаточно высокую их износостойкость.

Литература

1. *Жачкин С.Ю. Повышение надежности контактных поверхностей подъемного механизма путем комбинированной плазменной обработки [Текст] / Г.И. Трифонов, С.Ю. Жачкин, М.Н. Краснова, Н.А. Пеньков // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2017. - № 1. - С. 140 – 145*
2. *Пеньков Н.А., Жачкин С.Ю., Сидоркин О.А., Краснова М.Н. Восстановление гидроцилиндров дисперсно-упрочненным гальваническим композитным покрытием на основе хрома: монография / Н.А. Пеньков, С.Ю. Жачкин, О.А. Сидоркин, М.Н. Краснова – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2017. 160 с.*
3. *Жачкин С.Ю. Повышение износостойкости деталей сельскохозяйственной техники композитными покрытиями [Текст] / С.Ю. Жачкин, Н.А. Пеньков, О.А. Сидоркин, С.В. Нелысов // Труды ГОСНИТИ. – М., 2015. – Т. 121. – С. 213 – 219.*
4. *Жачкин С.Ю. Моделирование механического воздействия инструмента при получении гальванических композитных покрытий [Текст] / С.Ю. Жачкин, М.Н. Краснова, Н.А. Пеньков, А.И. Краснов // Труды ГОСНИТИ. – М., 2015. – Т. 120. – С. 130 – 135.*
5. *Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. - 2-е изд., - М.: Наука, 1976. 280 с.*
6. *Жачкин С.Ю. Напряжения в композитных материалах, используемых при ремонте деталей машин [Текст] / С.Ю. Жачкин, О.А. Сидоркин, С.В. Нелысов, В.Г. Беленцов // Труды ГОСНИТИ. – М., 2016. – Т. 124. – Ч. 2. – С. 52 – 57.*

THE INFLUENCE OF ELECTROLYSIS MODES ON MICROHARDNESS OF DISPERSION-STRENGTHENED COMPOSITE MATERIALS BASED ON IRON

S.Yu. Zhachkin, doctor of technical Sciences, professor
(Federal state budgetary educational institution of higher professional education «Voronezh state technical University», Voronezh, tel. 89081499632, e-mail: zhach@list.ru)
N.A. Penkov, candidate of technical sciences
(Military Educational Scientific Center Air Force «Air Force academy name of Professor N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin», Voronezh, tel. 89507682407, e-mail: myth_np_nikit@mail.ru)
R.N. Zadorozhniy, Candidate of Technical Sciences
(FSBSI «Federal Scientific Agroengineering Center VIM» (FGBNU FNAC VIM), Moscow, tel. 84957093390),
S.V. Nelysov, graduate student
(Federal state budgetary educational institution of higher professional education «Voronezh state technical University», Voronezh, tel. 89081499632)

***Abstract**: the article discusses the possibility of controlling microhardness of composite galvanic coatings based on the iron matrix. The received results allow to obtain a given microhardness in composite galvanic coatings by varying the operating parameters of the deposition.*

***Keywords**: dry topping, coating, machining.*

Literature

1. Zhackin S. Yu. Improving the reliability of the contact surfaces of the lifting mechanism by means of a combined plasma treatment [Text] / S. Yu. Zhackin, M. N. Krasnova, N. A. Penkov, G. I. Trifonov // Bulletin of the Michurinsk state agrarian University. – 2017. - No. 1. - P. 140 – 145

2. Penkov N. A., Zhackin S. Yu., Sidorkin O. A., Krasnova M. N. Recovery cylinders dispersion-hardened electroplated composite coatings based on chromium: monograph / N.A. Penkov, S. Yu. Zhackin, O. A. Sidorkin, M. N. Krasnova– Voronezh: FGBOU VO «Voronezh state technical University», 2017. 160 p.

3. Zhackin S. Yu. Improvement of wear resistance of parts of agricultural machinery composite coatings [Text] / S. Yu. Zhackin, N. A. Penkov, O. A. Sidorkin, S. V. Nelysov // Proceedings of GOSNITI. – M., 2015. – T. 121. – P. 213 – 219.

4. Zhackin S. Yu. Modeling the mechanical effect of the tool upon receipt electroplated composite coatings [Text] / S. Yu. Zhackin, M. N. Krasnova, N.A. Penkov, A. I. Krasnov // Proceedings of GOSNITI. – M., 2015. – T. 120. – P. 130 – 135.

5. Adler Y. P., Markova E. V., Granovsky Yu. V. Planning of experiment when searching optimal conditions. - 2nd ed. - M.: Nauka, 1976. 280 p.

6. Zhackin S. Yu. Stresses in composite materials used in the repair of machine parts [Text] / S. Yu. Zhackin, O. A. Sidorkin, S. V. Nelysov, V. G. Belentsov // Proceedings of GOSNITI. – M., 2016. – T. 124. – Part 2. – P. 52 – 57.

УДК. 631.352:634

КОСИЛКА ДЛЯ СКАШИВАНИЯ ТРАВОСТОЯ В МЕЖДУРЯДЬЯХ САДОВ И ВИНОГРАДНИКОВ

Догода П.А. доктор сельхоз наук, профессор кафедры Технических систем в агробизнесе,
Красовский В.В. ассистент кафедры общетехнических дисциплин
+7(978)7598471, vitaliy-krasovskiy@mail.ru
Цолин Р.А. магистр
Трофимов И.М. магистр
(Академия биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И.Вернадского», Симферополь)

Аннотация. *В работе рассматривается конструкция косилки для скашивания травостоя в междурядьях садов и виноградников. Предлагаемая с/х машина позволяет скашивать, измельчать и перемещать травяную массу в приствольную полосу. Повышает качество выполняемого процесса за счет более равномерного среза примятого и перепутанного травостоя.*

Ключевые слова: *агропромышленный комплекс, сельское хозяйство, виноградные насаждения, сады, косилка, экономия, машина, трава.*

Актуальность. Вопросы интенсификации производства стоят перед всеми отраслями сельскохозяйственного производства. Возделывание садов и виноградников является одним из приоритетных направлений в условиях сельского хозяйства Крыма и юга России.

Прогрессивная технология предусматривает применение сидератов, содержание грунта под задернением многолетними травами. Одним из главных условий применения интенсивной технологии является постоянное скашивание травостоя [2].

Внедрение интенсивной технологии в производство замедляется из-за отсутствия средств механизации (в частности косилки, способной выполнять техпроцесс в соответствии с агротребованиями, обеспечивать качественный срез, измельчение и перемещение массы в приствольную полосу).

Залужение междурядий с мульчированием приствольных полос является наиболее перспективной системой содержания почвы в интенсивных садах и виноградниках; способствует не только сохранению, но и улучшению физико-механической характеристики почвы (объемная масса, удельный вес, скважность и обеспечение воздухом), нормализует структуру; улучшает водный и воздушный режим почвы, повышает водопроницаемость и оптимизирует ее по горизонтам почвы; увеличивает поступление в почву питательных веществ, повышает биологическую активность почвы, повышает плодородность, ускоряет разложение органической массы; положительно сказывается на урожайности, товарном качестве и лежкости плодов. В качестве мульчматериала рационально использовать траву, скошенную в междурядьях [3, 4, 5, 6,7].

Залужение междурядий предусматривает многократное скашивание травостоя за период вегетации и транспортирование измельченной массы в приствольную полосу. Скашивание травостоя и мульчирование приствольной полосы рационально объединить в одну операцию, что выдвигает специфические требования к техническим средствам, обеспечивающим технологически их грамотное исполнение.

Основная часть. Проблема кошения примятого, перепутанного или полеглого травостоя с одновременным перемещением скошенной и измельченной массы в приствольную полосу касается практически всех существующих конструкций косилок. Данная проблема может быть устранена за счет применения воздушного потока, создаваемого ножами косилки, для подъёма примятой травы.

При проектировании конструкции рабочего органа косилки необходимо учитывать некоторые ограничения, обусловленные технологическими требованиями и режимами работы.

На процесс резания, энергоемкость и качество выполнения технологического процесса скашивания травостоя непосредственное влияние оказывает поступательная скорость агрегата, окружная скорость ножей и угол заточки лезвия. Диаметр ножей должен составлять 1.2 м, что обусловлено шириной захвата косилки равной 2.4 м для работы в насаждениях с междурядьями в 3 м.

Из анализа результатов отечественных и зарубежных исследований [1,7], изученной литературы, можно сделать вывод, что необходимая и достаточная окружная скорость для перерезания тонкостебельных культур ротационным рабочим органом лежит в пределах 30-60 м/с, угол наклона лезвия для односторонней верхней заточки 20°. Научно-производственным сельскохозяйственным предприятием «Наука» (г. Симферополь Республика Крым) совместно с кафедрой технических систем в агробизнесе Крымского федерального университета при участии д.с.-х.н. профессора Догоды П.А. был изготовлен ряд экспериментальных косилок (Рис. 1) с окружной скоростью ножей 40м/с. Машины работали в агрегатировании с трактором тягового класса 1.4 с рабочей скоростью 10 км/ч. В процессе эксплуатации данные агрегаты подтвердили результаты теоретических исследований и рациональность выбранных технологических, кинематических параметров.

Рисунок1 – Косилка КВР-2.4

При движении по междурядью ножи косилки скашивают травостой и измельчает его. Но подобного рода конструкции косилок не способны мульчировать приствольную полосу, т.к. скошенная масса остается на поверхности междурядья.

Данная проблема может быть устранена за счет применения воздушного потока, создаваемого ножами косилки, для подъёма примятой травы. Изучение воздушного потока, создаваемого ножами ротора, позволит рассчитать геометрию ножа, способную обеспечить достаточное разряжение для подъёма смятых стеблей, веток, лозы и других растительных остатков. Изменение конструкции кожуха позволит обеспечить направленное перемещение скошенной массы без увеличения веса и габаритов машины. Позволит осуществлять срез на одной высоте от поверхности почвы и существенно облегчит процесс кошения, измельчения и перемещения массы в заданном направлении.

Предлагаемая конструкция косилки (Рис.2) состоит из рамы, присоединяемой к навес¬ному устройству 1 на опорных колесах. На раме установлен кожух 3 с двумя роторами 5, каждый ротор помещен в кожух в форме улитки 4. Привод рабочих органов механический от ВОМ трактора через карданный вал и систему конических редукторов 2. Рабочие ножи 6 установлены шарнирно и способны отклоняться при встрече с посторонними предметами. Роторы с ножами вращаются в противоположных направлениях, что снижает вибрацию машины и ее занос во время работы. Ножи снабжены лопастями 7. Боковые противорезы исключают забивание рабочих органов скошенными растениями. В кожухе имеются выходные отверстия 8. Навешивание, эксплуатация, обслуживание и текущий ремонт машины осуществляет один человек (тракторист-машинист). Регулируемая система навески машины позволяет проводить скашивание как по оси движения трактора, так и со смещением в любую сторону до 500 мм. Косилка в агрегате с трактором может работать на склонах крутизной до 10°.

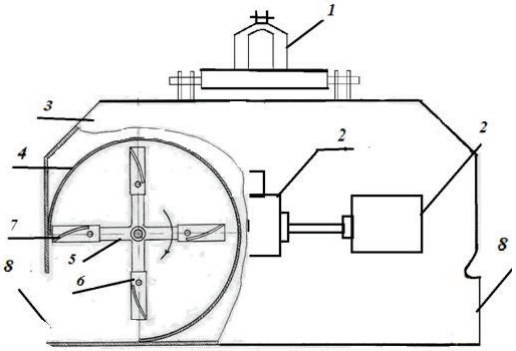


Рисунок 2 – Косилка для скашивания травостоя и мульчирования приствольных полос

Рабочая гипотеза предполагает, что при вращении ротора лопасть, установленная на ноже сталкивается с воздухом. При этом поток воздуха тормозится и изменяет направление движения, обтекая лопасть (Рис. 3). Около передней поверхности лопасти возникает область с повышенным давлением воздуха, а около задней поверхности возникает область с пониженным

давлением. В области повышенного давления воздушный поток, обтекая лопасть будет рассеиваться во всех направлениях, прижимая растения к земле, но в зоне пониженного давления потоки воздуха приподнимают стебли, как бы укладывая на нож.

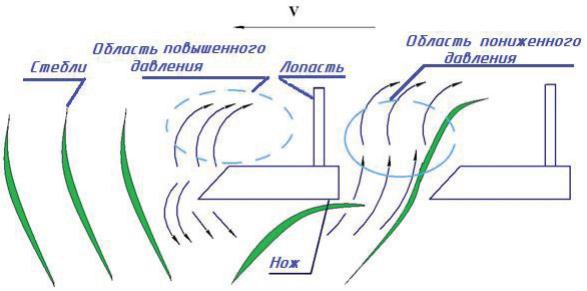


Рисунок 3 – Схема движения воздуха при соприкосновении с лопастью

Технологический процесс происходит следующим образом (Рис. 4): при движении агрегата по междурядью зеленая масса скашивает¬ся благодаря боковым противорезам и неоднократному перерезанию скошенная масса измельчается. При вращении ножей с установленными на них лопастями возбуждается воздушный поток, который поднимает примятый травостой, способствуя улучшенному качеству кошения, геометрия кожуха направляет воздушный поток в выходное отверстие, выбрасывая измельченную массу в приствольную полосу.

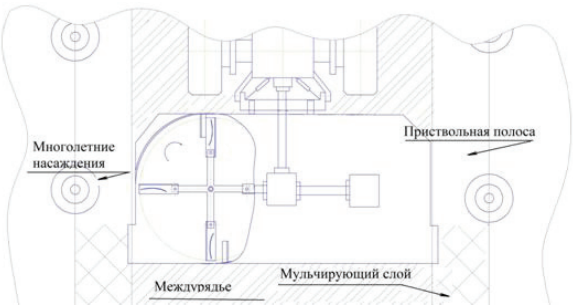


Рисунок 4 – Схема технологического процесса

Выходные отверстия кожухов роторов направлены в противоположные стороны и позволяют выбрасывать массу в правый и левый ряд соответственно по ходу движения агрегата.

Выводы.

Установка лопастей на ножах будет влиять на изменение характера движения воздуха внутри кожуха косилки. Можно предположить, что восходящие потоки приводят к поднятию и втягиванию стеблей скашиваемой травы в проточную часть косилки сразу за вращающейся лопастью, а нисходящие потоки прижимают стебли к поверхности набегающего на них ножа, что способствует повышению качества скашивания.

Предлагаемая конструкция рабочего органа позволит обеспечить срез, измельчение травостоя и его выброс в приствольную полосу междурядья.

Неоднородность измельченного материала обеспечит его равномерное распределение по ширине приствольной полосы.

Список используемых источников

1. Каифаш Ф. Обоснование динамических параметров и режима работы ротационного режущего аппарата: Диссертация на соискание ученой степени кандидата техн.наук. [Текст]/ Каифаш Ф.- М.; 1982. - 158 с.

2. Красноступ, С.М. Исследование кинематики режущего аппарата косилок с гидравлическим приводом. [Текст]: автореферат на соискание : ученой степени дисс. канд. техн. наук./ Красноступ С.М.- Ростов-на-Дону1965. -с.2-6.

3. Маслов С.П., Руденко К.Н. Влияние систем содержания почвы и доз азотных удобрений на рост и урожайность деревьев яблони. //Селекция, сортоизучение, агротехника плодовых и ягодных культур.- Орловское отделение Приок. кн.изд-во. Орел. 1982, С. 71-76.

4. Попов А.С., Щекотов Н.Д. Влияние обрезки и систем содержания почни и саду на урожай, качество и лежкоспособностъ яблок./ Попов А.С., Щекотов Н.Д. // Технология, механизация и организация интенсивного садоводства: Сб. науч. тр. ПНИИС им. И П. Мичурина. -Мичуринск. 1985.-С. 10-13.

5. Майдсбура Н И., Беляк II.И.. Козак И.В. Система содержания почвы и урожайность яблони. Ж-л «Садоводство и виноградарство», 1988, №5.- С. 10.

6. Резк Махмуд Ехиа Эль Саед. Экологическое обоснование применения сидератов под зернофуражные культуры на орошаемых землях дельты Волги: Дис. канд. с.-х. наук : 06.01.09 : Астрахань, 2004. 114 с.

7. Хатунцев В.В. Технология и косилка для мульчирования приствольных полос в интенсивных садах. [Текст] / Диссертация на соискание кандидата технических наук, Мичуринск, 2009. - 161с.

8. Mc Randal D.M., Mc Nalty P.B. Mechanical and physical properties of grasses. -»Trans. Asae», 1980, №4, p. 816, (англ.).

MOWER FOR MOWING GRASS IN ROWS BETWEEN GARDENS AND VINEYARDS

Dogoda Petr
Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness,
Doctor of Agricultural Science, Professor
Krasovskiy Vitaliy
+7(978)7598471, vitaliy-krasovskiy@mail.ru)
Tsolin Roman, Master's degree
, +79788973192)
Trofimov Iliy, Master's degree
(Academy of Life and Environmental Sciences FSAEI HE
«V. I. Vernadsky Crimean Federal University»)

***Summary**. The paper deals with the mower-shredder design for mowing of grass between the rows of orchards and vineyards. The presented agriculture machine allows to mow, chop and move a lot of grass in the near-wellbore strip. It improves the quality of the process by performing a more even cut of trampled and entangled grass.*

***Keywords**: agribusiness, agriculture, vineyards, orchards, mower, savings, machine, grass.*

List of sources used

1. Kaifash F. Justification of the dynamic parameters and operating mode of the rotary cutting device: Thesis for a scientific degree of the candidate t.sciens. [Text] / Kaifash F.-M .; 1982. - 158 p.

2. Krasnostup, S.M. Study of the kinematics of the cutting device of mowers with hydraulic drive. [Text]: the author's abstract for the competition: the degree of diss. Cand. Tech. / Krasnostup SM-Rostov-on-Don1965. -p.2-6.

3. Maslov SP, Rudenko K.N. Influence of systems of the maintenance of soil and doses of nitrogen fertilizers on growth and productivity of trees of an apple-tree. // Selection, variety study, agrotechnics of fruit and berry crops. - Oryol Branch Priok. Book of authors. Eagle. 1982. 71-76p.

4. Popov A.C., Schekotov N.D. Influence of pruning and soil maintenance systems and the garden on the yield, quality and keeping capacity of apples. / Popov A.C., Schekotov N.D. // Technology, mechanization and organization of intensive gardening: Sat. Sci. Tp. PNIIS them. And P. Michurina. -Michurinsk. 1985.- p. 10-13.

5. Maydsbura NI, Belyak II.I .. Kozak I.V. The system of soil content and apple yield. M-l «Gardening and viticulture», 1988, № 5.- P. 10.

6. The cutting of Mahmoud Yehia El Saed. The Ecological substantiation of application of ciderates under grain-crops cultures on the irrigated lands of delta of Volga: Dis .... kand. Cand. S.-. Sciences: 06.01.09: Astrakhan, 2004. 114 p.

7. Khatuntsev V.V. Technology and mower for mulching stump strips in intensive gardens. [Text] / Thesis for a Candidate of Technical Sciences, Michurinsk, 2009. - 161p.

8. Mc Randal D.M., Mc Nalty P.B. Mechanical and physical properties of grasses. -»Trans. Asae», 1980, №4, p. 816.

УДК 621.791

УПРОЧНЕНИЕ ЛЕМЕХОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН ДУГОВОЙ НАПЛАВКОЙ ТВЕРДЫМИ СПЛАВАМИ

Н.Э.Митрофанов[2], бакалавр
mrnikitamitrofanov@gmail.com
Д.Б.Слинко[1,2], канд.техн.наук, доцент
maks52@inbox.ru
([1]ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Москва, т.8(495)371-42-39)
([2]МГТУ им.Н.Э.Баумана, г. Москва, т.8(499)267-02-36)

Аннотация. *В работе приведены результаты упрочнения лемехов дуговой наплавкой твердыми сплавами с использованием порошковой проволоки. Показано, что наплавка на изнашиваемые поверхности лемехов дугообразных и кольцеобразных валиков по определенной схеме обеспечивает уменьшение интенсивности изнашивания их рабочей поверхности.*

Ключевые слова: *рабочие органы почвообрабатывающих машин, лемех, долото, электродуговая наплавка, порошковая проволока, износостойкость, скорость изнашивания, автоматическая установка, сварочный полуавтомат.*

В процессе эксплуатации рабочие органы (рис.1) почвообрабатывающих машин и агрегатов подвергаются неравномерному изнашиванию, что снижает их ресурс и увеличивает затраты на их замену и обновление. Скорость изнашивания рабочих органов зависит от механического состава почвы, ее плотности в зоне контактного взаимодействия, а также от свойств поверхности трения рабочих органов при относительном перемещении почвы.

Рисунок 1. Рабочие органы почвообрабатывающих машин

Ускоренное изнашивание рабочих органов изменяет конструктивные параметры деталей, снижает качество обработки почвы, увеличивает тяговое сопротивление агрегатов и простои машин, связанные с заменой изношенных деталей. В связи с этим разработка материалов повышенной износостойкости и новых эффективных технологий упрочнения рабочих органов является в настоящее время актуальной задачей.

Основным методом упрочнения деталей рабочих органов почвообрабатывающих машин при их изготовлении является термическая обработка путем закалки и отпуска с нагревом ТВЧ [1].

Для повышения износостойкости рабочих органов в области наибольшей интенсивности трения используют также наплавку твердыми сплавами типа Сормайт-1, ПГ-С27, ФБХ6-2 и др., путем нанесения их в виде обмазки или шихты с последующим оплавлением поверхности токами высокой частоты. В результате обеспечивается самозатачивание рабочих органов за счет ускоренного изнашивания несущего слоя по сравнению с наплавленным. Совершенствование индукционной наплавки твердыми сплавами осуществляют в направлении уменьшения зоны отпуска несущей поверхности закаленных деталей, повышения уровня механизации и автоматизации процесса наплавки.

При восстановлении рабочих органов почвообрабатывающих машин применяют самые разнообразные технические решения, а именно: различные виды износостойкой наплавки электродами Т-590, Т-620 и порошковыми проволоками типа ПП-АН125, ПП-АН170; методы электроконтактной приварки порошковыми материалами, проволокой или лентой; методы напыления с последующим оплавлением покрытий газовым пламенем; плазменную наплавку порошковыми сплавами; электроимпульсное наращивание и электроискровое легирование. На уровне экспериментальных исследований используют процессы пайки и приклеивания твердых сплавов и металлокерамики. Применяют также лазерное и плазменное модифицирование поверхности рабочих органов путем предварительного нанесения порошка износостойкого сплава для получения минимальной зоны отпуска на основном металле [2].

Наиболее универсальной технологией для нанесения износостойких покрытий является дуговая наплавка твердыми сплавами, целесообразность применения которой зависит от степени нагрева упрочняемых деталей и затрат на твердые сплавы. В связи с этим совершенствование наплавочной технологии получения самозатачивающихся лезвий и создание рабочих органов почвообрабатывающих машин повышенной долговечности путем нанесения твердых сплавов является весьма перспективным направлением повышения ресурса почворежущих рабочих органов.

К недостаткам применяемых методов нанесения твердых сплавов относится высокая энергоемкость и увеличенный расход наплавочных материалов, что повышает технологические затраты на упрочнение деталей при их изготовлении.

Одним из перспективных направлений развития технологии упрочнения быстроизнашиваемых деталей дуговой наплавкой твердыми сплавами является нанесение износостойких покрытий в виде прямолинейных, дугообразных или кольцеобразных валиков, ширина которых меньше расстояния между ними, что изменяет геометрические параметры поверхности трения. При этом достигается снижение нормального давления почвы на основной металл с тыльной стороны боковой поверхности наплавленных валиков, что приводит к образованию зон застоя почвы, в которых скорость частиц практически снижается до нуля, а трение приповерхностного слоя происходит по слою застойной почвы (рис.2)

В результате, на общей поверхности деталей почвообрабатывающих рабочих органов образуются 4 характерных участка с различными свойствами:

F_1- область, образованная перед наплавленным валиком, где образуется зона замедления движения и увеличения удельного давления почвы;

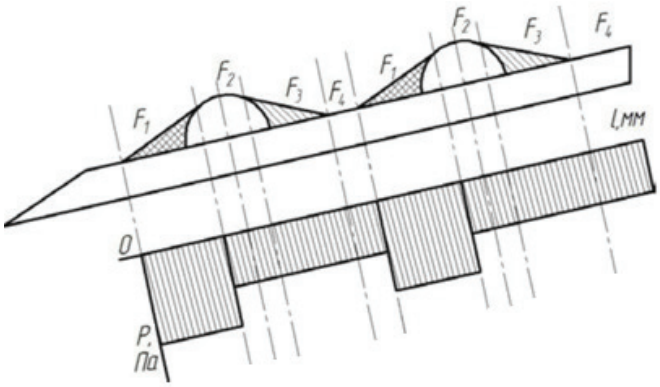


Рисунок 2. Общая схема характерных зон изнашивания поверхности почвообрабатывающего рабочего органа

F_2- область, образованная на вершине валиков, которая подвергается интенсивному трению и износу;

F_3- область, образованная за наплавленным валиком, то есть застойная зона почвы, где резко снижается износ основного металла из-за существенного уменьшения удельного давления на рабочую поверхность и коэффициентов трения почвы о почву и почвы о сталь;

F_4- область ненаплавленной части детали, где происходит трение почвы о сталь.

За зонами застоя почвы менее связные частицы активного слоя почвы совершают смешанное относительное перемещение, что уменьшает скорость изнашивания рабочей поверхности детали. В этом случае по сравнению со сплошной наплавкой всей поверхности износа в 2-4 раза снижаются энергозатраты и расход наплавочных материалов при обеспечении высокой производительности нанесения твердых сплавов. Использование технологии наплавки прямолинейными валиками при упрочнении лемехов (рис.3) по определенной схеме позволило уменьшить скорость их изнашивания по сравнению с технологией завода-изготовителя в среднем в 2-3 раза [4].

Рисунок 3. Формирование застойных зон контактного слоя почвы на рабочей поверхности лемеха

В развитии данной технологии была проведена наплавка лемеха и долота отдельными дуго- и кольцеобразными валиками также по определенной схеме. Пример схемы расположения и формы наплавленных валиков при упрочнении лемеха и долота представлены на рис.4.

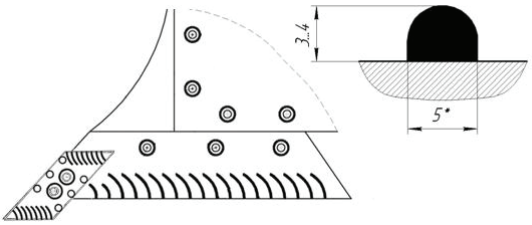


Рисунок 4. Схема расположения и форма наплавленных валиков при упрочнении лемеха и долота

По результатам ранее проведенных исследований по упрочнению лемехов наплавленными валиками было установлено, что наилучшие результаты по снижению интенсивности изнашивания обеспечивает порошковая проволока марки EnDOtec DO*30 Ø1,2мм фирмы «Eutectic Castolin» с содержанием бора (B) около 4%. Твердость наплавленных валиков в этом случае достигает 63-65HRC. Химический состав проволоки указан в таблице 1.

*Таблица 1. Химический состав порошковой проволоки EnDOtec DO*30*

	C	Si	Mn	B	Ni	Fe
%	0,5	0,4	1,50	4	1,50	92,10

В процессе проведенной работы сначала была отработана технология наплавки валиков на опытных образцах - подобраны режимы наплавки (напряжение, сила сварочного тока, скорость наплавки, параметры режима заварки кратера). В результате были получены валики необходимого размера и формы. В дальнейшем подобранный режим использовался при наплавке валиков непосредственно на поверхности лемеха и долота.

Для реализации данного метода была использована установка (рис.5), работающая в автоматическом режиме по заданной программе в соответствии со схемой расположения валиков, укомплектованная сварочным полуавтоматом инверторного типа с синергетическим управлением марки PROFARC AMIG350P с функцией заварки кратера (рис.6).

Рисунок 5. Автоматическая установка для упрочнения рабочих органов электродуговой наплавкой

Рисунок 6. Сварочный полуавтомат инверторного типа с синергетическим управлением

Универсальность метода и конструкция установки позволяют упрочнять лемеха и долота разных размеров и конфигураций, а также позволяет переналаживать установку под другой тип деталей. Применение данного метода нанесения на рабочие органы почвообрабатывающих машин износостойких валиков электродуговой наплавкой с использованием разработанной технологии и оборудования позволяет внедрить эту технологию для упрочнения различных рабочих органов.

Примеры лемеха и долота, упрочненных дуговой наплавкой твердыми сплавами, представлены на рис.7.

Рисунок 7. Упрочненные лемех и долото

Литература

1. Сенчишин В.С., Пулька Ч.В. Современные методы наплавки рабочих органов почвообрабатывающих и уборочных сельскохозяйственных машин (обзор)// Автоматическая сварка. 2012. №9. С.43-54.

2. Козаровец Н.В., Бетеня Г.Ф., Анискович Г.И., Гордиенко А.И., Голубев В.С., Давидович А.Н. Инновационные технологии упрочнения деталей сельскохозяйственной техники// Сборник докладов XII Международной научно-технической конференции 10-12 сентября 2012, г. Углич «Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем» – С. 219-228.

3. Патент №2414337 РФ. Способ получения износостойкой рабочей поверхности деталей почвообрабатывающих машин/ Н.М.Ожегов, Д.А.Капошко, С.И.Будко

4. Ожегов Н.М., Ружьев В.А., Капошко Д.А., Соловьев С.А., Лялякин В.П., Слинко Д.Б. Повышение ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин на основе совершенствования наплавочных технологий// Труды ГОСНИТИ. 2015. Т.121 С.273-281

STRENGTHENING OF PLOWSHARES OF TILLAGE MACHINES BY ARC WELDING WITH HARD ALLOYS

N.E. Mitrofanov[2], baccalaureate
mrnikitamitrofanov@gmail.com
D. B. Slinko[1,2], Candidate of Engineering Sciences, Docent
maks52@inbox.ru
([1]Federal State Budget Scientific Institution
"Federal Scientific Agroengineering Center VIM"
(FGBNU FNAC VIM), Moscow, 84957093359)
([2]Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia, 84992670236)

Annotation*: The paper presents the results of hardening of the plows by arc welding with hard alloys using a flux-cored wire. It has been shown that surfacing of arc-shaped and annular rollers on wear surfaces causes a decrease in the wear rate of their working surface, according to a certain scheme.*

Keywords*: tillage tool, plowshare, chisel, arc surfacing, flux-cored electrode, wear resistance, wear rate, automated installation, semi-automatic welding*

References:

1. Senchishin VS, Pulka C.V. Modern methods of surfacing workers' organs of soil-cultivating and harvesting agricultural machines (review) // Automatic welding. 2012. № 9. C.43-54.

2. Kozarovets NV, Betenya GF, Aniskovich GI, Gordienko AI, Golubev VS, Davidovich AN Innovative technologies of hardening of parts of agricultural machinery // Collected papers of the XII International Scientific and Technical Conference 10-12 September 2012, Uglich "Modernization of agricultural production on the basis of innovative machine technologies and automated systems" - P. 219-228.

3. Patent No. 2414337 of the Russian Federation. Method of obtaining a wear-resistant working surface of parts of tillers / NM Ozhegov, DA Kaposhko, SI Budko

4. Ozhegov NM, Ruzhyev VA, Kaposhko DA, Soloviev SA, Lyalyakin VP, Slinko D.B. Increase of the resource of working organs of soil-cultivating machines on the basis of perfection of surfacing technologies // Proceedings of GOS-NITI. 2015. T.121 C.273-281

УДК 631.3

ПРОВЕДЕНИЕ УТИЛИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОБИЛЬНОЙ МАСТЕРСКОЙ

В.С. Герасимов, зав. лабораторией
E-mail: rosagroserv@list.ru
В.И. Игнатов, ведущий специалист, канд. техн. наук
E-mail: ignatoww@inbox.ru
А.О. Каперзов, инженер
E-mail: rosagroserv@list.ru
С.А. Буряков, с.н.с.
E-mail: rosagroserv@list.ru
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
Москва, E-mail: gosniti@list.ru

Аннотация. *Реализация предлагаемого проекта мобильной мастерской по утилизации сельскохозяйственной техники решает проблему сбора и переработки ее отдельных компонентов, также стабилизирует структуру организации системы утилизации сельхозтехники на районном и областном уровнях. Машина утилизации техники содержит колесную базу с манипулятором, тяговой лебедкой и системой «мультилифт». Мастерская, которая расположена в кузове прицепа, оснащена комплектом технологического и диагностического оборудования, которое позволяет на высоком инженерном уровне проводить утилизацию сельхозтехники и переработку ее компонентов.*

Ключевые слова: *утилизация, мобильная машина, технологическое и диагностическое оборудование, агрохозяйства, манипулятор, тяговая лебедка, технический контроль.*

Как было установлено проведенными исследованиями за последние 3-5 лет по проблемам утилизации сельскохозяйственной техники, более 35-40 % сельхозтоваропроизводителей удалены на 150-200 и более километров от специализированных предприятий по утилизации машин и оборудования. В результате в этих агрохозяйствах процессы утилизации сельскохозяйственных машин и захоронение отходов проводятся с грубыми нарушениями экологических норм [1].

Цель исследования - обосновать необходимость использования мобильных средств для эффективного проведения утилизации сельскохозяйственной техники, так как в результате неравномерного поступления на специализированные предприятия утилизируемой сельскохозяйственной техники на переработку из-за удаленности агрохозяйств эти предприятия не имеют необходимой загрузки для стабильной работы.

Известны мобильные машины, предназначенные для проведения лесотехнических и пожарно-спасательных работ широкого спектра за счет применения различного навесного оборудования и механизма системы сменных кузовов.

Известна машина универсальная лесохозяйственная «АМКОДОР-ВЕЛМАШ-2061 с лифтом погрузочно-разгрузочным ЛПР-10Т.46, содержащая колесную базу с манипулятором, тяговой лебедкой и системой «мультилифт» (http://www.velmash.com/catalog/detail/595/).

Однако указанные мобильные машины не могут в полной мере производить работы по подготовке к утилизации и саму утилизацию отслужившей техники в виду отсутствия необходимого технологического оборудования и неприспособленности конструкций для его размещения.

Основной технической задачей предлагаемого проекта мобильной машины по утилизации сельскохозяйственной техники является расширение функциональных возможностей, снижение эксплуатационных затрат потребителя, обеспечение экологической безопасности в сельской местности и получение вторичных ресурсов после переработки утилизируемой техники путем создания мобильной машины с мастерской по утилизации отслужившей или вышедшей из работы техники и оборудования и находящихся не только в пунктах дислокации (хранения и ремонта), но и в местах получения поломок, неподдающихся восстановлению.

Материалы и методы. Поставленная техническая задача достигается тем, что машина утилизации техники, содержащая колесную базу с краном-манипулятором, тяговой лебедкой и системой «мультилифт», снабжена прицепом, в кузове которого размещена мастерская с комплектом технологического оборудования для проведения утилизационных работ и обеспечения жизнедеятельности рабочего цикла персонала и самосвальной клетью, установленной на колесной базе. Кроме того, самосвальная клеть выполнена с обрешетиной с подвижными в горизонтальной плоскости вертикальными стойками (рисунок 1).

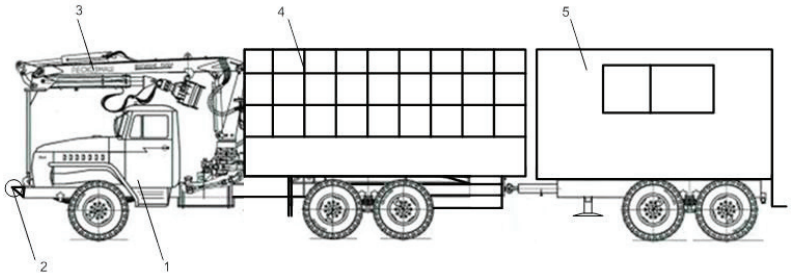


Рисунок 1 - Общий вид машины по утилизации техники

Машина состоит из базового автомобиля-тягача с колесной базой 1, на которой смонтированы тяговая лебедка 2, кран–манипулятор 3, самосвальная клеть 4 с телескопическим механизмом на крюковой раме. Мастерская с комплектом технологического оборудования для проведения утилизационных работ и обеспечения жизнедеятельности рабочего цикла персонала размещена в кузове 5, установленном на прицепе.

Колесная база 1 должна быть трехосной полноприводной, спереди которой монтируют тяговую лебедку 2, а за кабиной - кран-манипулятор 3. Самосвальная клеть 4 состоит из основания с низкими бортами и обрешетины, выполненной с вертикальными стойками, часть которых имеет возможность перемещения в горизонтальной плоскости для регулировки

размеров клети в процессе погрузки габаритных частей и узлов отслужившей техники.

Мастерская (рисунок 2) размещена в кузове 5, оснащена металлическим столом 7 для разборки и дефектации деталей и узлов, стеллажом 8 для годных деталей и узлов, светильником 9, - ручной сверлильной электрической машиной 10, - ацетиленовым баллоном 11, электрощитом 12, огнетушителем 13, краном-укосиной 14, контейнером 15 для газорезательного оборудования (резак пропановый, горелка газовая с насадками, редуктор пропановый, редуктор кислородный, рукав газовый 15м, рукав кислородный 15м), вешалочными крючками 16, шкафом 17 с измерительным инструментом, кислородным баллоном 18, пропановым баллоном 19, канистрами 20 для слива отработанных топливно-смазочных материалов, выносным столом со складным стулом 21, аптечкой 22, шлифовальной угловой машиной 23, электрическим точилом 24, ящиком 25 для документов, ящиком 26 (контейнер) для деталей, тисками 27, средствами безопасности 28 (очки защитные газосварщика, перчатки резиновые диэлектрические, штыри заземления (3 шт.) с проводом 10 п. м.), дизельным электроагрегатом 29, - сварочным оборудованием 30 (электрододержатель, крепление массового провода (струбцина), кабель сварочный (2 х 15м), маска сварщика), - нишей 31 для размещения малогабаритных деталей и узлов с остаточным ресурсом, местом оператора для обслуживания дизельного агрегата 29, тумбой 32, тележкой 33, умывальником 34, воздуховодом отопителем 35, задней дверью 36, боковой – дверью 37 и люком 38.

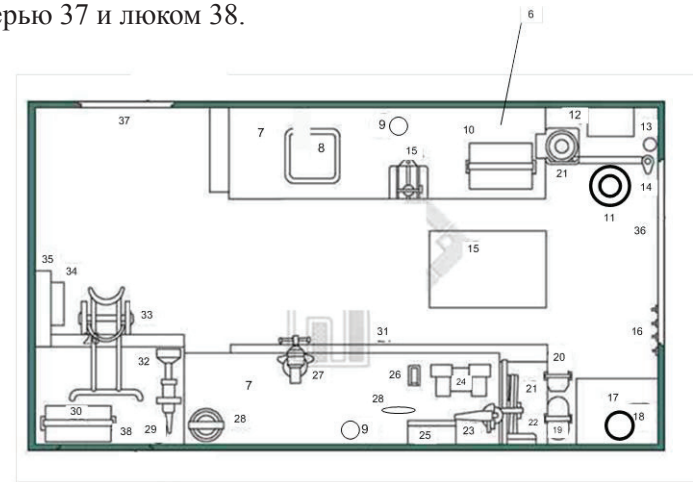


Рисунок 2 - Планировка мастерской в кузове прицепа

Мастерская имеет отопительно-вентиляционную установку, оборудование сварочно-зарядное, энергоагрегат ОСА-300-4 КОМБИ, мощностью 4,2 кВт, инструмент электрифицированный, диагностические приборы, инструмент для пробивки, рубки и резки, инструмент мерительный, оборудование моечно-уборочное и пожаро-технические средства.

Оборудование мастерской позволяет выполнять подъемно-транспортные, газоэлектросварочные; газорезательные; разборочные; слесарные и дефектовочные работы по выявлению годных деталей и узлов, проверку аккумуляторных батарей.

Функциональные возможности и технические средства обеспечивают получение объективной информации о состоянии конкретной машины, пред-

назначенной к утилизации. Полное использование оборудования и приборов мастерской обеспечивает максимальный уровень ресурсосбережения и соблюдение экологических норм при проведении рециклинга техники.

Машина утилизации техники позволяет проводить разборку, дефектацию, сортировку и сбор деталей с остаточным ресурсом со списанных машин, осуществлять разделку, погрузку и перевозку металлолома и других компонентов утилизируемых машин для дальнейшей переработки на специализированных предприятиях.

Эффективность применения машины утилизации техники достигается за счет расширения ее функциональных возможностей, снижения эксплуатационных затрат потребителя, обеспечения экологической безопасности в сельской местности и получения вторичных ресурсов.

Функциональные возможности и технические средства мобильной мастерской по утилизации сельскохозяйственной техники обеспечивают получение объективной информации о состоянии конкретной машины, предназначенной к утилизации. Полное использование оборудования и приборов мастерской обеспечивает максимальный уровень ресурсосбережения и соблюдение экологических норм при проведении рециклинга сельхозмашин. Концепция технического контроля утилизируемых сельхозмашин с использованием мобильной мастерской представлена в таблице.

Таблица - Концепция технического контроля утилизируемых сельхозмашин

Особенности концепции	Положение концепции	Ее совершенствование
1. Методы контроля		
Оценка параметров состояния машин	Технических и энергетических	Дополнительно экологических и технологических
Оценка составных частей и сборочных единиц машин	Соединений узлов, агрегатов машин	Дополнительно рабочих жидкостей: топлива, масел, охлаждающей жидкости и др.
Проверка отдельных узлов и агрегатов сельхозмашин	Рекомендуемое проведение	Обязательное проведение
Оценка качественных признаков состояния сельхозмашин	Рекомендуемое применение	Обязательное применение
Место контроля и проверки техники, предназначенной к утилизации	На базах хранения, станциях и спецремпредприятиях АПК, мастерских агрохозяйств	Дополнительно в крестьянских (фермерских хозяйствах), центрах техсервиса, МТС и др.
2. Средства контроля и проверки утилизируемой техники		
Средства контроля	Механические, электронные, внешние	Преимущественно электронные, частично механические, внешние и имеющиеся в мобильной мастерской
Компьютерные средства	Отсутствуют	Применяются
Индикация результатов измерений	Визуальная	Визуальная, звуковая, речевая, текстовая

Продолжение таблицы

Датчики	Преимущественно встраиваемые и накладные	Встроенные, накладные и встраиваемые
Технологические карты контроля и проверки	В виде текста руководства, технологии	Дополнительно в виде текста на экране монитора
Дополнительные средства контроля и проверки	Рекомендуемое проведение	Обязательное проведение

Предлагаемый проект мобильной машины по утилизации сельскохозяйственной техники и переработке ее компонентов в отдаленных агрохозяйствах подвергался обсуждению на Ученых советах ФГБНУ ГОСНИТИ в 2015-2016 годах, а также материалы по использованию мобильной машины были включены в общие рекомендации по формированию системы утилизации сельскохозяйственной техники на региональном уровне. Эти материалы были направлены в региональные агроформирования и по отдельным из них были получены положительные отзывы.

Выводы. Эффективность применения мобильной мастерской для проведения утилизации сельскохозяйственной техники и оборудования достигается за счет расширения ее функциональных возможностей, снижения эксплуатационных затрат потребителя. Предполагаемый годовой экономический эффект от внедрения мастерской составит - 750-800 тыс. руб.

Ориентировочная стоимость мобильных мастерских для проведения утилизации сельскохозяйственной техники и оборудования будет составлять от 3000 тыс. руб. до 3700 тыс. руб., срок окупаемости – 1,5 – 2 года.

Список использованных источников

1. *Соловьев, С.А. Утилизация сельскохозяйственной техники: проблемы и решения [Текст]: (монография) / С.А. Соловьев, В.Ф. Федоренко, В.И. Игнатов, В.С. Герасимов, В.А. Макуев, И.Г. Голубев // ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 172 с.*

THE RECYCLING OF AGRICULTURAL MACHINERY WITH THE USE OF MOBILE WORKSHOP

V.S. Gerasimov, head laboratory
E-mail: rosagroserv@list.ru
V. I. Ignatov, leading specialist, cand. tech. sciences
E-mail: ignatoww@inbox.ru
A. O. Kaperzov, engineer
E-mail: rosagroserv@list.ru
S. A. Buryakov, senior researcher
E-mail: rosagroserv@list.ru

Abstract *Implementation of the proposed project of a mobile workshop for utilization of agricultural machinery solves the problem of collecting and recycling its components, it also stabilizes the organizational structure of the utilization system of agricultural machinery at the district and regional levels. Utilization machine equipment includes a wheel base with a manipulator, pulling winch and the system «Multilift». The workshop, which is located in the back of a trailer equipped with a set of technological and diagnostic equipment, allows a high engineering level of disposal of agricultural machinery and processing components.*

Keywords*: recycling, mobile machine, the technological and diagnostic equipment,*

УДК 621.762.227/011

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ПРИВАРКИ ПОРОШКОВЫХ СМЕСЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСПЕРГИРОВАННЫХ ОТХОДОВ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

Латыпова Г.Р., ст. преподаватель
ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет»
Тел.: 8-916-230-45-10, E-mail: taksa2@yandex.ru
Чернов В.В., к.т.н., доцент
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Н.Э. Баумана» г. Москва
Тел.: 8-916-275-35-24, E-mail: vvchernov@mail.ru
Шалашов К.С., студент
ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет»
E-mail: imctlst@gmail.com

Аннотация. *Исследованы особенности ЭКП порошковых смесей с использованием диспергированных отходов твердых сплавов и проведена расчетно-экспериментальная оценка, позволяющая оценить прочность соединения покрытия с основой в зависимости от температуры и осадки порошкового слоя.*

Ключевые слова: *электроконтактная приварка, порошковая смесь, отходы твердых сплавов, электроэрозионное диспергирование, покрытие, прочность соединения.*

Одним из резервов снижения себестоимости восстановления и упрочнения дисковых рабочих органов сельскохозяйственных машин является использование в качестве присадочного материала отходов машиностроения, в частности порошков, получаемых электроэрозионным диспергированием отходов твердых сплавов [1]. Эффективным способом восстановления и упрочнения дисковых рабочих органов с использование таких порошковых материалов является электроконтактная приварка (ЭКП), позволяющая получать покрытия из порошков износостойких сплавов без их расплавления, то есть в твёрдой фазе [2].

В работе изучены некоторые особенности ЭКП порошковых смесей с использованием диспергированных отходов твердых сплавов Т15К6 и ВК8.

При проведении исследований к образцам, вырезанным из дисков сошников, изготовленных из стали 65Г, приваривали смесь порошков, где в качестве матричной фазы применяли порошок ПГ-СР2, а в качестве упрочняющей фазы - порошки, полученные электроэрозионным диспергированием отходов твердых сплавов ВК8 и Т15К6. Электроконтактную приварку осуществляли на установке 011-1-02 «Ремдеталь» с закрепленным на ней поворотным устройством [3] при усилии Р = 1,5 кН; силе тока в импульсе I = 5,2 и 5,8 кА; длительности протекания импульса тока $t_и$ = 0,04 с; длительности паузы между отдельными импульсами $t_п$ = 0,08 с. Прочность соединения покрытия с основой определяли по методике испытаний на срез фиксированной площадки с помощью специальной оправки, позволяющей

срезать покрытия толщиной $\geq 0{,}3$ мм; металлографические исследования проводили по стандартной методике. Для выявления микроструктуры зоны соединения образцы травили в 3,0...4,0 % глицериновом растворе азотной кислоты в течение 3...5 с.

Расчетно-экспериментальную оценку прочности соединения покрытия с основой в зависимости от температуры и осадки порошкового слоя проводили по уравнению (1) [4]:

$$T = T_{пл}\left(1 - \sqrt{\frac{p_{отн}}{(1-k_n)\left(1+\frac{1}{6}\left(\frac{1-k_n}{1-k_{n,0}}\right)^{1,5}\right)}}\right) \qquad (1)$$

где $p_{отн}$ - относительное давление приварки.

Результаты расчета зависимости относительной прочности от температуры нагрева при различных значениях конечной осадки привариваемого слоя (в основном матричного порошка) приведены на рисунке 1.

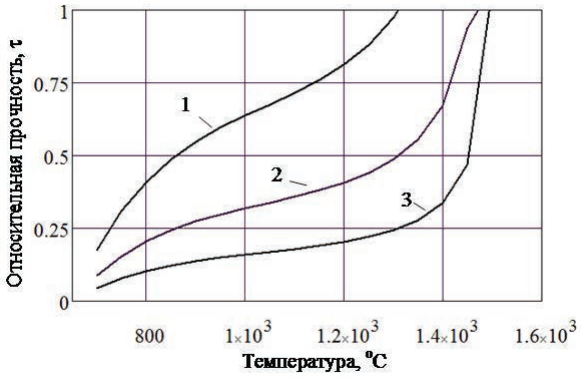


Рисунок 1 - Зависимость относительность прочности соединения от температуры нагрева при различной осадки привариваемого металла: 1 - осадка 75%, 2 - осадка 50%, 3 - осадка 25%

Видно, что при температуре нагрева 1000 оС относительная прочность при осадке 75 % составляет около 0,6. При осадке 50% - около 0,3. При осадке 25% - около 0,15. Резкое снижение относительной прочности покрытия при уменьшении осадки связано с уменьшением плотности дислокаций и образующихся на них активных центров. Результаты расчетов также показывают, что при всех значениях осадки температура 900 оС, соответствующая устранению пор в порошковом слое при применяемых на практике условиях реализации процесса ЭКП, не обеспечивает формирование покрытия с реальной прочностью. Отсюда также следует, что сварка частиц порошка между собой осуществляется уже при отсутствии их значительной совместной пластической деформации. Это дает основание рассмотреть эту стадию процесса ЭКП с позиций способов сварки в твердой фазе с низкоинтенсивным силовым воздействием.

Следует также отметить, что изменение условий реализации процесса ЭКП так, чтобы осаживание порошкового слоя осуществлялось при температурах, близких к температуре плавления привариваемого металла, например, за счет уменьшения усилия прижатия роликового электрода, как

это показано на рисунке 1 (зависимость 3), является не целесообразным, так как сопряжено с опасностью возникновения очагов плавления и разбрызгивания расплавленного металла.

В [5-7] показано, что при способах сварки с низкоинтенсивным силовым воздействием активные центры образуются преимущественно не на поверхностных дефектах кристаллической решетки, а за счет флуктуации энергии поверхностных атомов. По этой причине лимитирующим процесс фактором, помимо температуры нагрева, является не степень пластического деформирования, а продолжительность нагрева. Результаты расчета относительной прочности соединения для этого случая приведены на рисунке 2.

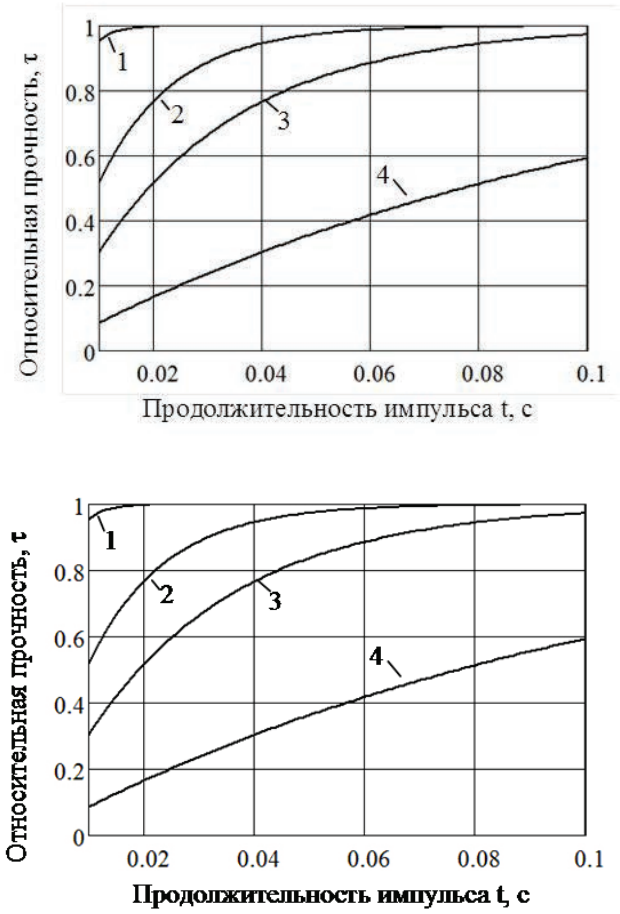


Рисунок 2 - Зависимость относительность прочности соединения от продолжительности сварки при различных температурах нагрева: 1 - температура нагрева 1300 °С, 2 - 1275 °С, 3 - 1250 °С, 4 - 1225 °С

Видно, что высокие прочностные свойства покрытий из порошков могут быть получены при температурах нагрева выше 1250 оС. Следует отметить, что из-за сильной зависимости интенсивности диффузионных процессов от температуры, небольшое снижение температуры нагрева может привести к заметному снижению прочности формируемого покрытия.

На рисунке 3 представлены экспериментальные зависимости относитель-

ной прочности $\bar{\tau}$ соединения покрытий с основой от количества упрочняющей фазы в порошковой смеси, полученные при силе тока I = 5,2 и 5,8 кА, длительности его протекания tи = 0,04 с и усилии P = 1,5 кН. Видно, что снижение силы тока примерно на 10 % приводит к уменьшению прочности соединения примерно на 25 %, что при tи = 0,04 с, согласно зависимостям 1, 2 и 3 на рисунке 5, соответствует снижению температуры не более, чем на 25…50 °С. Видно также, что в обоих случаях $\bar{\tau}$ соединения с увеличением количества упрочняющей фазы до ее содержания 50 % в порошковой смеси практически не меняется. Увеличение массовой доли упрочняющей фазы до 60…70 % приводит к снижению $\bar{\tau}$ на 29-33 %.

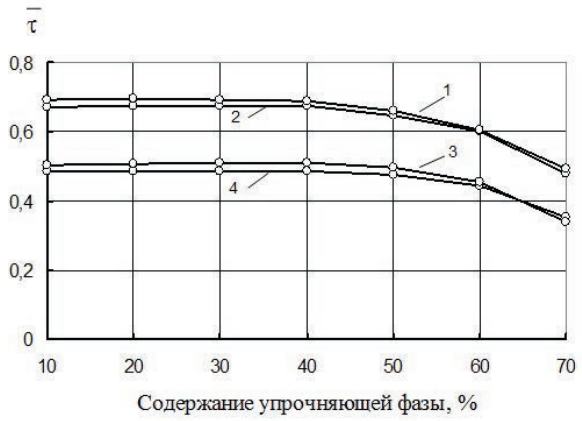


Рисунок 3 - Зависимость прочности $\bar{\tau}$ соединения покрытия с основой от количества упрочняющей фазы в порошковой смеси при P = 1,5 кН и $t_и$ = 0,04 с: 1, 2 – I = 5,8 кА; 3, 4 - I = 5, 2 кА; 1, 3 – порошок Т15К6; 2, 4 – порошок ВК8

С учетом исследований [5,8-9], полученные результаты можно объяснить следующим образом. При увеличении массовой доли упрочняющей фазы свыше 40…50 % объема матрицы из порошка ПГ-СР2 оказывается недостаточным для охватывания частиц порошка твердого сплава. Частицы твердого сплава начинают контактировать как между собой, так и с поверхностью основного металла. Если в объеме формирующегося покрытия частицы твердого сплава нагреваются теплопередачей от металлической фазы с повышенным электросопротивлением, то в зоне их контакта с поверхностью детали нагрев таких частиц затруднен из-за меньшего электросопротивления и большей теплопроводности компактного металла. Данные условия приводят к уменьшению плотности очагов схватывания в области физического контакта неметаллических частиц и поверхностью основы и, соответственно, к снижению прочности соединения.

Следует отметить, что при массовой доле упрочняющей фазы, равной 50 %, прочность $\bar{\tau}$ соединения покрытия с основным металлом снижается всего на 5,0 %. Таким образом можно заключить, что с точки зрения экономической целесообразности такая доля упрочняющей фазы из порошка ВК8 или Т15К6 в матричном порошке является оптимальной.

Выводы:

1. Установлено, что при ЭКП порошкового слоя из смеси порошка ПГ-СР2 с порошками, полученными электроэрозионным диспергированием

отходов твердых сплавов Т15К6 и ВК8, пористость привариваемого порошкового слоя устраняется при нагреве до температур, близких к 900 оС. Высокие механические свойства покрытия достигаются при нагреве порошкового слоя до температур 1250…1300 оС. Отмечено, что при длительности протекания тока 0,04 с уменьшению прочности соединения на 25 % соответствует снижению величины тока приблизительно на 10 % и снижению температуры не более, чем на 25…50 оС.

2. Выявлено, что сварка частиц порошка между собой осуществляется при отсутствии их значительной совместной пластической деформации, что дает основание рассматривать эту стадию процесса ЭКП с позиций способов сварки в твердой фазе с низко интенсивным силовым воздействием. Отмечено, что в этом случае активные центры образуются преимущественно не на поверхностных дефектах кристаллической решетки, а за счет флуктуации энергии поверхностных атомов, что объясняет сильное влияние температуры и продолжительности нагрева на прочность покрытия.

3. Отмечено, что процесс ЭКП целесообразно строить так, чтобы величина осадки матричного порошка в течение протекания импульса тока была равна величине начальной пористости привариваемого порошкового слоя.

Литература

1. Семенихин Б.А., Кузнецов Л.П., Латыпов Р.А. Восстановление и упрочнение деталей автотракторной техники композиционными гальваническими покрытиями с использованием порошков твердых сплавов // Труды ГОСНИТИ. 2012. Т. 109. Часть 2. С. 57-60.

2. Электроконтактная приварка. Теория и практика / Латыпов Р.А., Булычев В.В., Бурак П.И., Агеев Е.В. - Курск: ЗАО Университетская книга, 2016. 392 с.

3. Латыпова Г.Р. Технология ремонта и упрочнения дисковых рабочих органов электроконтактной приваркой порошковой смеси ПГ-СР2 и Т15К6 // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 115. С. 134-138.

4. Колтунов А.П., Латыпова Г.Р. Влияние температуры электроконтактной приварки порошка на пористость формируемого покрытия // Труды ГОСНИТИ. 2016.Т. 124. Часть 2. С. 75-80.

5. Латыпов Р.А., Булычев В.В., Латыпова Г.Р., Агеев Е.В. Разработка модели для расчетной оценки относительной прочности соединения металлов на этапе схватывания при сварке давлением / Техника и технологии: пути инновационного развития, сборник научных трудов 5-й Международной научно-практической конференции, 29-30 июня 2015 г., Юго-Зап. Гос. ун-т. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2015, с. 131-138.

6. Латыпов Р.А., Булычев В.В., Молчанов Б.А. Энергетическая оценка прочности соединения металлов при электроконтактной приварке // Теоретические исследования металлургических процессов. - М.: МГВМИ, 2011, с. 67-96.

7. Булычев В.В., Латыпов Р.А. Формирование очагов схватывания однородных металлов при электроконтактной приварке // Сварочное производство, 2012, №5, с. 30-35.

8. Булычев В.В., Латыпов Р.А., Латыпова Г.Р., Бурак П.И. Разработка модели образования очагов схватывания металлов при сварке давлением с низкоинтенсивным силовым воздействием // Международный технико-экономический журнал, 2013, №5, с. 80-86.

9. Латыпова Г.Р., Латыпов Р.А., Булычев В.В., Агеев Е.В. Оценка относительной прочности соединения металлов на этапе схватывания при сварке давлением // Современные материалы, техника и технологии, 2015, №2, с. 102-111.

FEATURES ELECTROCONTACT WELDING, POWDER MIXTURES WITH THE USE OF DISPERSED WASTE OF HARD ALLOYS

Latypova G. R., senior lecturer
FSBEI «Moscow Polytechnic University»
Tel: 8-916-230-45-10, E-mail taksa2@yandex.ru
Chernov V. V., Ph. D., associate Professor Of the «MGTU im. N. Uh. Bauman», Moscow
Tel: 8-916-275-35-24, E-mail vvchernov@mail.ru .
Shalashov K. S., student FSBEI «Moscow Polytechnic University»
E-mail imctlst@gmail.com

Abstract. *The peculiarities of powder mixtures electrocontact welding using waste of dispersed solid alloys were explored. Calculation and experimental estimations were carrlet out, allowing to assess the strength of connection between the coating and the base depending on the temperature and precipitation of the powder layer.*

Keywords: *electrocontact welding, powder mixture, waste of hard alloys, electroerosion dispersion, coating, the strength of the connection.*

Literature

1. Semenikhin B.A., Kuznetsov A.P., Latypov R.A. Restoration and hardening of details of automotive engineering-composite galvanic coatings using powders of hard alloys // Proceedings of GOSNITI. 2012. T. 109. Part 2, pp. 57-60.

2. Electrocontact welding. Theory and practice / Latypov R.A., Bulychev V.V., Burak P.I., Ageev E.V. - Kursk, ZAO Universitetskaya kniga, 2016. 392 p.

3. Latypova G.R. Technology of repair and strengthening of disk working bodies electrocontact welding of the powder mixture of PG-CR2 and T15K6 // Proceedings of GOSNITI. 2014. T. 115, pp. 134-138.

4. Koltunov, A.P., Latypova G.R. Effect of temperature electrocontact welding of powder on the porosity of the formed coating // Proceedings of GOSNITI. 2016. T. 124. Part 2, pp. 75-80.

5. Latypov R.A., Bulychev V.V., Latypov R.A., Ageev E.V. Development of a model to estimate the relative strength of the metal compounds at the stage of setting in pressure welding / Equipment and technologies: the path of innovative development, collection of scientific papers of the 5th International scientific-practical conference, 29-30 June 2015, South-West. Gos. Univ. – Kursk, ZAO «University book», 2015, pp. 131-138.

6. Latypov R.A., Bulychev V.V., Molchanov B.A. Energy estimate of the strength of the metal compounds with electric-welded // Theoretical studies of metallurgical processes. - M.: MSEMI, 2011, pp. 67-96.

7. Bulychev V.V., Latypov R.A. Formation of foci of seizure of homogeneous metals at electrocontact welding // Welding production, 2012, vol. 5, pp. 30-35.

8. Bulychev V.V., Latypov R.A., Latypova G.R., Burak P.I. Development of a model education centers bonding of the metal in pressure welding with low intensive power influence // International technical-economic journal, 2013, vol. 5, pp. 80-86.

9. Latypova G.R., Latypov R.A., Bulychev V.V., Ageev E.V. Estimation of the relative strength of the metal compounds at the stage of setting in pressure welding // Advanced materials, equipment and technology, 2015, vol. 2, pp. 102-111.

УДК 621.691.92

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГЕРМЕТИЧНОСТИ КОМПЕНСАТОРА ДАВЛЕНИЯ ТРУБОПРОВОДА ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКОЙ В ЗАЩИТНОМ ГАЗЕ

Спасский П.А., студент
ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет»
Тел. 8-926-012-49-10, E-mail: ka6ah007@mail.ru
Андреева Л.П., к.т.н., доцент
ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет»
Тел. 8-916-144-21-84, E-mail: andree-va@mail.ru

Аннотация. *Представлены результаты восстановления герметичности компенсатора давления трубопровода электродуговой наплавкой в защитном газе. Вместо защитной рубашки наноситься антикоррозионное покрытие на внутреннюю поверхность патрубка. Данный способ восстановления был выбран для исключения коррозионного растрескивания и обеспечения надежных эксплуатационных свойств патрубка, а так же увеличения срока службы в несколько раз.*

Ключевые слова: *антикоррозионная наплавка, ремонт, патрубок, штуцер, восстановление герметичности, компенсатор давления.*

В процессе эксплуатации АЭС на штуцерах компенсатора давления могут возникать протечки из зоны между корпусом патрубка и защитной рубашкой штуцера, которые объясняются потерей герметичности сварных швов. Протечки такого типа могут приводить к коррозионному растрескиванию корпуса патрубка. Следует также отметить, что изделие работает в условиях внутреннего давления рабочей среды с незначительной пульсацией давления, температурного воздействия рабочей среды, а также действуют усилия со стороны соединительной трубки системы контроля уровня и трубопровода подвода теплоносителя. [4]. Числовые значения условий эксплуатации показаны в таблице 1 [1].

Таблица 1 - Значение основных технологических параметров

Наименование параметра	Значение
Давление рабочей среды в стационарном режиме на номинальных параметрах, МПа	15,7
Давление расчетное, МПа	17,6
Давление рабочей среды при гидравлических испытаниях, МПа:	
на прочность	24,5
на плотность	19,6
Температура рабочей среды в стационарном режиме на номинальных параметрах, °С	346
Температура расчетная, °С	350
Температура рабочей среды при гидравлических испытаниях, °С	до 119

Целью работы является восстановление герметичности компенсатора давления трубопровода электродуговой наплавкой в защитном газе на внутреннюю поверхность патрубка.

Восстанавливаемая поверхность расположена в месте соединения патрубка и штуцера, служащего компенсатором давления, рис. 1. Основной материал патрубка компенсатора давления – легированная сталь перлитного класса 10ГН2МФА. Штуцер выполнен из стали аустенитного класса 08Х18Н10Т [4].

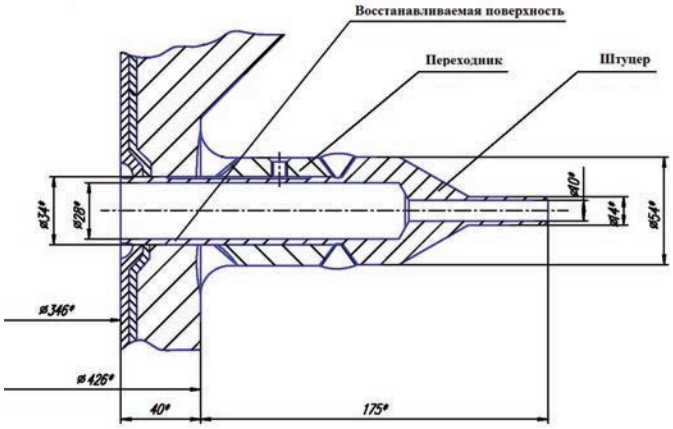


Рисунок 1 - Место установки штуцера

Наплавку осуществляли с помощью специальной горелки (рис. 2), позволяющей наносить покрытия на внутренние поверхности отверстий малого диаметра (до 25 мм) во всех положениях. При этом толщину каждого слоя можно легко адаптировать и регулировать, что способствует минимизации дальнейшей обработки и экономии присадочной проволоки.

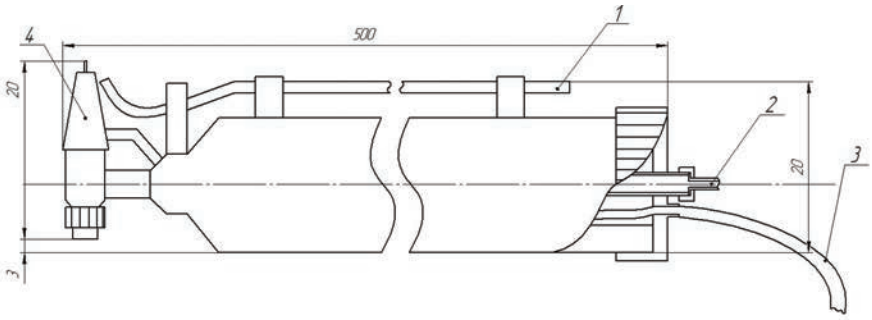


Рисунок 2 - Сварочная горелка: 1 – направляющая проволоки, 2 – патрубок для подачи газа, 3 – кабель питания, 4 – сопло горелки

Перед наплавкой для осуществления доступа к поверхности требуются разметить и отрезать штуцер от патрубка. Высверлить из патрубка остатки штуцера сверлом или зенкером и расточить отверстия до диаметра 36 мм для снятия подвергшегося коррозии слоя металла рисунок 3 [4].

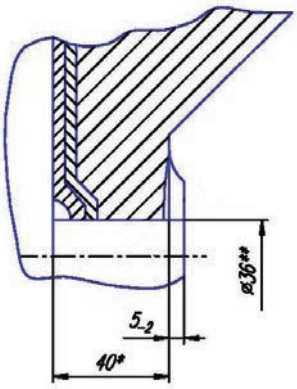


Рисунок 3 - Патрубок без штуцера с расточенным отверстием

После этого необходимо провести визуальный контроль и капиллярную дефектоскопию для обнаружения возможных оставшихся дефектов. При наличии дефектов их нужно устранить увеличением диаметра отверстия. Затем зону наплавки и прилежащую к ней зону основного металла промывают с помощью без ворсовой хлопчатобумажной салфетки сначала уайт-спиритом, а затем спиртом. На салфетке не должно быть следов грязи [5-9].

Перед наплавкой восстанавливаемую поверхность подогревают до температуры > 50° с контролем температуры на расстоянии > 100 мм от оси отверстия. Наплавку проводят на режимах, указанных в таблице 2 [2].

Таблица 2 - Режимы наплавки

Наименование параметра режима	Значение параметров по проходам			
	1	2	3	4 и последующие
Ток сварки, А	120	140	160	160-180
Напряжение дуги	10-14,5	10-14,5	10-14,5	10-14,5
Скорость сварки, мм/с	0,8-1,2	0,8-1,2	0,8-1,2	0,8-1,2
Расход аргона, л/мин	10-15	10-15	10-15	10-15
Шаг между проходами, мм	-	-	1	2
Примечание – После выхода на технологическую втулку ток сварки уменьшить на 30-40 А				

Наплавка первого слоя производиться сварочной проволокой Св-07Х25Н13. Последующие слои выполняют с применением сварочной проволоки Св-04Х20Н10Г2Б. В процессе наплавки необходимо производить периодический контроль внешним осмотром формирования валиков после выполнения 10-15 швов, извлекая сварочную штангу из отверстия патрубка [7]. При обнаружении неудовлетворительного формирования валиков их исправляют повторным наложением валиков на том же режиме.

После первого слоя наплавки ремонтируемого штуцера восстанавливаемое отверстие растачивают до диаметра 34 ± 0,2 мм. Качество наплавленного слоя на внутренней поверхности контролируют внешним осмотром, а размер триммером индикаторного типа НИ 18–50. Допускаются отдельные участки необработанной поверхности с глубиной < 0,3 мм, которые необходимо зачистить щеткой металлической нержавеющей. Наплавку второго слоя осуществляют аналогично первому, используя при этом оснастку на

диаметр отверстия 34 ± 0,2 мм. После наплавки и механической обработки диаметр отверстия должен составлять 32 ± 0,2 мм. Наплавку третьего слоя осуществляют на диаметр 32 ± 0,2 мм. После наплавки и механической обработки диаметр отверстия должен составлять 30 ± 0,2 мм. Качество наплавленного слоя контролируют с помощью ультразвука [5-9].

Следующим этапом является удаление технологической втулки и зачистка зоны наплавки вокруг штуцера и прилегающих частей на 100 мм. После чего необходимо провести капиллярный контроль и обезжиривание поверхности вокруг наплавки. Затем выполняют разделительный валик аргонодуговой сваркой при силе сварочного тока Iсв = 90-130 А присадочной проволокой Св-07Х25Н13 диаметром 1,6-2,0 мм с диаметра 30 до диаметра 38 мм. Толщина слоя должна составлять 3 ± 1 мм. Порядок выполнения разделительного валика указан на рисунке 4.

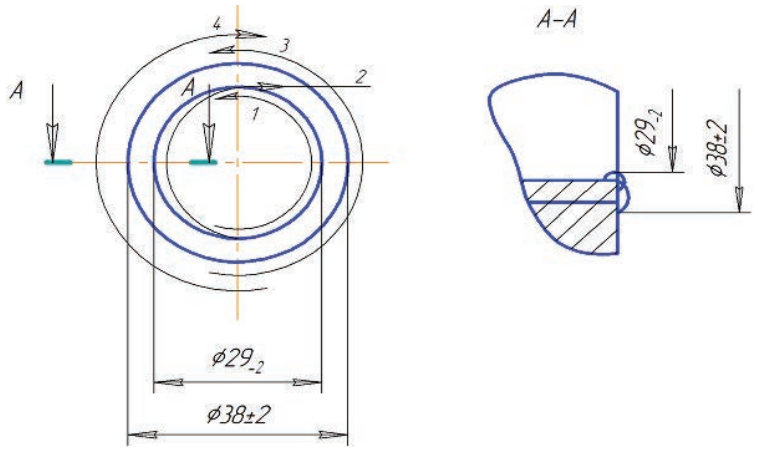


Рисунок 4 - Порядок выполнения разделительного валика ручной аргонодуговой сваркой

Новый штуцер состоит из двух частей: самого штуцера и переходника. Сваривать их необходимо аргонодуговой сваркой с присадочной проволокой марки Св-04Х19Н11М3 за два-три прохода. При этом необходимо послойно зачищать сварной шов от окалины. После выполнения каждого слоя, сварку следует прекращать до остывания металла в зоне сварки до температуры не выше 100 оС. Параметры режима сварки шва представлены в таблице 3 [2-3].

Полученное соединение контролируют радиографическим и капиллярным способом в объеме 100%.

Таблица 3 - Параметры режима аргонодуговой сварки штуцера и переходника

Наименование параметра режима	Значения параметров
Диаметр сварочной проволоки Св-04Х19Н11М3, мм	2,0
Род тока	постоянный
Полярность	прямая
Сила тока, А	90-130
Расход аргона в горелку, л/мин	8-10

Далее собирают патрубок со штуцером в соответствии с требованиями чертежа. Для этого собранный штуцер прихватывают аргонодуговой сваркой в трёх расположенных под 120° точках проволокой Св-04Х19Н11М3. В процессе выполнения прихваток необходимо контролировать соосность патрубка и штуцера. После прихватки осуществляют сварку за 4-6 проходов. В процессе сварки обеспечивают поддув аргона к внутренней поверхности сварного шва. После каждого прохода сварной шов и свариваемые кромки зачищают от окалины. После выполнения каждого прохода сварку следует прекращать до остывания металла в зоне возобновления сварки до температуры не выше 100 оС. В процессе сварки периодически контролировать соосность патрубка и штуцера. Параметры режима сварки шва представлены в таблице 4 [2-3].

Таблица 4 - Параметры режима аргонодуговой сварки патрубка и штуцера

Наименование параметра режима		Значения параметров
Диаметр сварочной проволоки Св-04Х19Н11М3, мм		2,0
Род тока		постоянный
Полярность		прямая
Сила тока, А		90-130
Расход аргона, л/мин	В горелку	8-10
	На поддув	6-8

Сварной шов контролируют радиографическим и капиллярным контролем в объёме 100% [5-9].

После приварки штуцера к патрубку необходимо провести гидравлические испытания данного узла для проверки герметичности сварных соединений. Восстановленный узел представлен на рисунке 5.

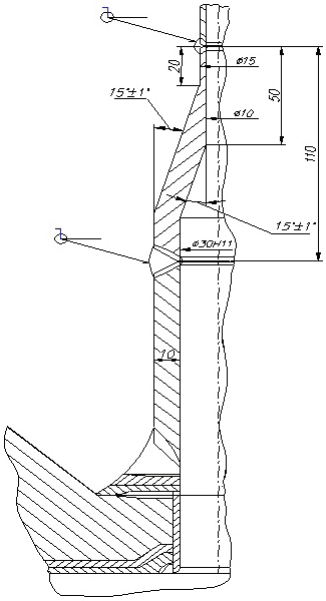


Рисунок 5 - Восстановленный узел

Предложенный способ восстановления герметичности компенсатора давления трубопровода электродуговой наплавкой в защитном газе позволил увеличить срок службы патрубка в более чем 2 раза.

Литература

1. Разработка методов и технологии замены участков труб малого диаметра. Расчет прочности МК-DDD-AEE-0021. ОКБ «Гидропресс», 2001.

2. Разработка методов и технологии замены участков труб малого диаметра компенсатора давления на 6 блоку АЭС "Козлодуй". Комплект технологических документов. 02300.00408КТД. ОКБ "Гидропресс", 2001, 67 с.

3. Технология и оборудование сварки плавление под ред. А.И. Акулов, М. Машиностроение 1977.

4. http://www.gidropress.podolsk.ru/files/proceedings/mntk2011/documents/mntk2011-115.pdf

5. Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Правила контроля. ПН АЭ Г-7-010-89. Москва, Энергоатомиздат, 2000

6. Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварка и наплавка. Основные положения. ПН АЭ Г-7-009 – 89. Москва, Энергоатомиздат, 1990.

7. Унифицированные методики контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Визуальный и измерительный контроль. ПН АЭ Г-7-016-89, Москва, 1990.

8. Унифицированная методика контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Капиллярный контроль. ПН АЭ Г-7-018-89.Москва, Энергоатомиздат,1990.

9. Унифицированные методики контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Ультразвуковой контроль. Контроль сварных соединений и наплавок. ПН АЭ Г-7-030-91. Москва, Энергоатомиздат, 1992.

RECOVERY OF THE COMPENSATOR PRESSURE OF THE PIPELINE BY ELECTRIC ARC FLOAT IN PROTECTIVE GAS

Spassky P.A., student FGBOU VO "Moscow Polytechnic University"
Tel. 8-926-012-49-10, E-mail: ka6ah007@mail.ru
Andreeva LP, Ph.D., Associate Professor
FGBOU VO "Moscow Polytechnic University"
Tel. 8-916-144-21-84, E-mail: andree-va@mail.ru

***Annotation**. This article describes the restoration of the tightness of the pipeline pressure compensator by electric arc surfacing in shielding gas. Instead of a protective jacket, an anti-corrosion coating is applied to the inner surface of the nozzle. This recovery method was chosen to exclude corrosion cracking and ensure reliable performance of the branch pipe, as well as to extend the service life several times.*

***Keywords**: anticorrosive surfacing, repair, nipple, fitting, restoration of tightness, pressure compensator.*

Literature

1. Development of methods and technology for replacing sections of small diameter pipes. Strength Calculation MK-DDD-AEE-0021. OKB "Gidropress", 2001.

2. Development of methods and technology for replacement of small-diameter pipe sections of the pressure compensator for Unit 6 of the Kozloduy NPP. A set of technological documents. 02300.00408. OKB "Gidropress", 2001, 67 p.

3. Technology and welding equipment, melting, ed. A.I. Akulov, M. Mechanical Engineering 1977.

4.http://www.gidropress.podolsk.ru/files/proceedings/mntk2011/documents/mntk2011-115.pdf

5. Equipment and pipelines of nuclear power plants. Rules of control. PN AE G-7-010-89. Moscow, Energoatomizdat, 2000

6. Equipment and pipelines of nuclear power plants. Welding and surfacing. Basic provisions. PN AE G-7-009 - 89. Moscow, Energoatomizdat, 1990.

7. Unified methods for controlling basic materials (semi-finished products), welded joints and surfacing equipment and pipelines of nuclear power plants. Visual and measuring control. PN AE G-7-016-89, Moscow, 1990.

8. Unified methods of control of basic materials (semi-finished products), welded joints and surfacing equipment and pipelines of nuclear power plants. Capillary inspection. PN AE G-7-018-89. Moscow, Energoatomizdat, 1990.

9. Unified methods for control of basic materials (semiproducts), welded joints and surfacing equipment and pipelines of nuclear power plants. Ultrasonic inspection. Inspection of welded joints and surfacing. PN AE G-7-030-91. Moscow, Energoatomizdat, 1992.

УДК 631.158:658.345

БЕЗОПАСНЫЙ РЕМОНТ С.-Х. МАШИН НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК

В.А. Казакова, зав.сектором стандартизации,
Е.М. Филиппова, ст.науч.сотр.,
И.Б. Ивлева, науч.сотр,
А.А. Данков, вед.науч. сотр.
Л.А. Буренко., к.т.н.
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
(495) 371-64-39, stand-gosniti@mail.ru

Аннотация. *В статье рассмотрены производственный травматизм и профзаболевания на предприятиях технического сервиса с.-х. машин, их предупреждение путем выявления и снижения рисков. Выявлены источники профессиональных и производственных рисков, возникающих на рабочих местах. Описаны современные методы и средства защиты от основных источников рисков, в том числе передвижной кабинет охраны труда.*

Ключевые слова: *сельскохозяйственная техника, технический сервис и ремонт, рабочие места, профессиональные и производственные риски, безопасность и охрана труда, передвижной кабинет*

В настоящее время расходы Российской Федерации, связанные с производственным травматизмом и профессиональной заболеваемостью, составляют почти 4% ВВП. Общий уровень травматизма остается довольно высоким. При техническом сервисе и ремонте сельскохозяйственных машин и оборудования он составляет 30% от общего количества пострадавших в аграрном секторе.

Причин, определяющих высокие показатели производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, множество:

- ослабление ответственности работодателей за состояние охраны труда;
- неприменение или неправильное использование средств индивидуальной защиты (СИЗ);
- старение основных производственных фондов;
- ослабление управления охраной труда и контроля за безопасностью производства;
- ухудшение производственной и технологической дисциплины;
- прекращение разработок по созданию новых технологий, а также техническому обновлению производств на этой основе.

Показатели производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в последние годы несколько снизились, но более глубокий анализ показывает, что снижаются эти показатели преимущественно на крупных предприятиях, а в небольших организациях напротив – растут. Это связано со многими факторами, в том числе: весьма ограниченные инвестиции в охрану труда работодателем, отсутствие квалифицированных специалистов с необходимой квалификацией на небольших предприятиях, а также с несовершенством СИЗ или их отсутствие.

Руководители предприятий (работодатели) в своей деятельности по охране труда должны руководствоваться законодательными и иными нормативными правовыми актами и обязаны обеспечить при проведении работ на предприятиях по техническому сервису машин, в первую очередь, работникам безопасные условия труда на рабочих местах, техническую и экологическую, а также электро-, взрыво- и пожаробезопасность.

Основой безопасности при техническом сервисе сельскохозяйственной техники является принятие мер к внедрению на предприятиях и в мастерских хозяйств современных средств техники безопасности и обеспечение санитарно-гигиенических условий труда, который устраняют (предупреждают) производ-ственный травматизм и профессиональные заболевания.

Наиболее эффективным способом недопущения травматизма и профзаболеваний является заблаговременное выявление и устранение источников профессиональных рисков, возникающих на рабочих местах.

При ремонте сельскохозяйственных машин в хозяйствах и на предприятиях технического сервиса заняты рабочие следующих профессий: аккумуляторщик по их ремонту, зарядке аккумуляторов и приготовлению электролита; вулканизаторщик по ремонту резиновых изделий; газосварщик (электросварщик); газорезчик; диагност; жестянщик; заправщик топливосмазочными материалами; кузнецы на молотах и ручной ковки; маляр; мастер-наладчик; медник; мойщик по очистке сельскохозяйственных машин и деталей; плотник; слесарь-ремонтник; слесарь-сборщик; слесарь по ремонту гидроагрегатов; сверловщик; столяр; токарь; комбайнер; фрезеровщик; тракторист-машинист; электрики по ремонту и обслуживанию электрооборудования машин.

В процессе выполнения работ могут возникнуть опасные и вредные производственные факторы (физические, химические, биологические, психофизиологические – ГОСТ 12.0.003). Наиболее распространенными в ремонтном производстве являются физические факторы (движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования, передвигающиеся изделия, заготовки и материалы, разрушающиеся конструкции); повышенные и пониженные температура, влажность и подвижность воздуха рабочей зоны, а также поверхность оборудования и материалов; превышающий норму уровень шума на рабочем месте; повышенное значение напряжений в электрической цепи; недостаточная освещенность рабочей зоны; острые кромки, заусенцы и шероховатости на по-верхности заготовок, инструментов и оборудования; расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола); а также химические (токсические и раздражающие вещества, проникающие вещества, проникающие в организм человека через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы и слизистые оболочки).

На рис.1 представлена структурная схема профессиональных и производственных рисков получения заболеваний и травм от возможных вредных и опасных производственных факторов на рабочих местах.

При несоблюдении работающими технологии производства ремонтных работ, требований безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности возникают травмоопасные ситуации и проявляются воздействия вредных и опасных производственных факторов:

- *при очистке машин, оборудования и их составных частей механически-*

ми средствами, водой и моющими растворами различной температуры, сжа-тым воздухом следует остерегаться струи воды, моющего раствора, сжатого воздуха; ожогов; отлетающих частиц загрязнений (почва, краска, ржавчина и др.); воздействия едких растворов на кожу рук, лица, органы дыхания; порезов об острые края узлов и деталей машин; повышенной влажности воздуха и шу-ма;

- *при доставке, установке (снятии) машин или их частей на рабочее место* – наезда на работающих; падения машины или ремонтируемого объекта с грузоподъемного средства, со стенда или подставок; воздействия нефтепродук-тов на кожу рук;

- *при электрогазосварочных и наплавочных работах* – поражения электрическим током и светом электродуги; взрыва ацетиленовых генераторов, баллонов с газами и ремонтируемых объектов; ожогов; вдыхания вредных газов, образующихся от сгорания электродов, наплавляемого металла и ремонтируемых элементов; воспламенения объекта или окружающих предметов; взрыва ремонтируемых объектов;

- *при кузнечных работах* – нагретых частей обрабатываемых деталей и инструмента; вдыхания вредных газов; отлетающих частиц металла, окалины и паров закалочной жидкости;

- *при работе на металлорежущих станках* – стружки и вылета обрабатываемых деталей; захвата вращающимися частями станка одежды, волос и частей тела работающего; ожогов от обрабатываемой детали и охлаждающей жидкости; разъедающего воздействия на кожу рук и тела охлаждающей жидкости (эмульсии); разрыва обрабатывающих кругов;

- *при жестяницко-медницких работах* – горячих частей деталей и инструмента; острых краев деталей; паров кислоты, свинца и его соединений; повышенного шума; взрыва ремонтируемых емкостей из-под нефтепродуктов и гремучего газа;

- *при окрасочных работах* – воздействия на кожу рук, тела и органы дыхания органических растворителей и красок, частиц отлетающей краски и окрасочной пыли, воспламенения растворителей, красок;

- *при ремонте резиновых изделий и вулканизационных работах* - воздействия растворителей на кожу рук и органы дыхания, нагретых частей оборудования, воспламенения резинового клея и его составляющих, повышенного давления пара, струи сжатого воздуха;

- *при обкатке машин и оборудования после ремонта* – отработавших газов двигателей; повышенного шума; движущихся, вращающихся узлов и механизмов, а также нагретых частей машин и оборудования; нефтепродуктов, воздействующих на кожу рук; наезда отремонтированных машин;

- *при использовании полимерных материалов* – воздействия вредных газов на органы дыхания и пищеварения, повышенной температуры воздуха;

- *при ремонте гидроагрегатов* – воздействия и воспламенения паров жидкостей;

- *при ремонте аккумуляторных батарей* – воздействия паров кислоты, щелочи, свинца и их соединений; ожогов от расплавленного припоя, свинца, нагретых деталей аккумуляторов и инструмента; взрыва гремучего газа; загорания окружающих предметов.

На рис.2 представлена схема применения методов и средств по устранению основных источников профессиональных и производственных рисков,

возникающих на рабочих местах, путем применения современных средств защиты (рисунок 2).

Решить вопрос улучшения условий труда на производственных участках при ремонте и техническом сервисе МТП поможет внедрение «Технологическо-го руководства по обеспечению безопасности при техническом сервисе сельскохозяйственных машин и оборудования на предприятиях АПК». [1]

В целях содействия организациям и проведению пропаганды безопасных условий труда, обучению персонала безопасным приемам работы с учетом современных требований при эксплуатации, техническом обслуживании, ремонте производственных объектов также и в условиях территориальной удаленности разработан передвижной кабинет охраны труда.

Кабинет предназначен для организации и проведения профилактической работы мобильной бригады по предупреждению производственного травма-тизма и профессиональных заболеваний, контроля безопасности производства, а также для обучения, оценки уровня знаний и организации дополнительного обучения правилам Охраны труда персонала удаленных отделений (филиалов предприятий) и организаций, кабинет преднозначен для проведения аттестации рабочих мест при укомплектовании его средствами измерения и контроля.

Современное оснащение передвижного кабинета охраны труда позволяет проводить полноценные промежуточные занятия, а также осуществлять промежуточный квалификационный контроль персонала с возможностью оперативной передачи данных по результатам обучения в центральный офис и получения уже обработанной информации с использованием технических средств, приборов и оборудования, учебных и наглядных пособий.

Передвижной кабинет охраны труда может быть размещен на базе шасси цельнометаллических фургонов с экологическими приборами и оборудованием, системой автоматизированного сбора и обработки информации, средствами связи для передачи полученной информации. Мобильный комплекс укомплектован кондиционером, отопителем, холодильником, вентиляцией, автономными системами энерго- и жизнеобеспечения.

Применение разработки обеспечит снижение производственного травматизма и профзаболеваний на 40-50%, снижение потерь рабочего времени, повышение качества работы и производительности труда.

Литература

1 Черноиванов В.И., Буренко Л.А., Филиппова Е.М., Ивлева И.Б. и др. Технологическое руководство по обеспечению безопасности при техническом сервисе сельскохозяйственных машин и оборудования на предприятиях АПК – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010.-132 с.

2 Черноиванов В.И., Буренко Л.А., Филиппова Е.М. и др. Технологические рекомендации по обеспечению безопасности труда при эксплуатации МТП в личных подсобных и крестьянских (фермерских) хозяйствах. –М.: ООО «Столичная типография», 2008. -120с.

3 Буренко Л.А. Обеспечение безопасности при техническом сервисе сельскохозяйственной техники: - М.: ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии, 2014.- 332с.

4 Буренко Л.А., Казакова В.А., Ивлева И.Б., Семенова Т.А. Обеспечение безопасности при техобслуживании зерноуборочных комбайнов // Труды ГОСНИТИ.- М., 2016.- Том 124, часть 1. – С.42-50

5 Буренко Л.А., Филиппова Е.М., Казакова В.А., Ивлева И.Б. Требования безопасности и предупреждение аварий при ремонте техники // Сельский механизатор.- М., 2016.- №4. – С.36-39

SAFE REPAIR OF FARM VEHICLES AT THE AGRARIAN AND INDUSTRIAL COMPLEXES ENTERPRISES

Kazakova Vera Aleksandrovna, manager of standardization sector
Filippova Elena Mikhaelovna, senior research associate
Ivleva Irina Borisovna, research associate
Dankov Alexey Alekseevich, leading researcher
Burenko Lev Alekseevich, Candidate of Technical Sciences
Federal public budgetary scientific institution
«Federal Scientific Agroengineering Center VIM» (FGBNA FSAC VIM)
1, (495) 371-64-39, ecoserv@mail.ru

Annotation. *In the article operational injuries and occupational diseases at the enterprises of technical service of agricultural machinery are considered, their prevention by identification and decrease in risks. Sources of the professional and production risks arising on workplaces are revealed. Modern methods and means of protection from the main sources of risks, including a mobile office of labor protection are described.*

Keywords*: agricultural machinery, technical service and repair, workplaces, professional and production risks, safety and labor protection, mobile office*

References

1 Chernoivanov V. I., Burenko L.A., Filippova E.M., Ivleva I.B., etc. The technologi-cal guide to safety at technical service of farm vehicles and the equipment at the agrarian and industrial complexes enterprises – M.: FGNU «Rosinformagrotekh», 2010.-132 pages.

2 Chernoivanov V. I., Burenko L.A., Filippova E.M., etc. Technological recommendations about safety of work at operation of MTP in personal subsidiary and country (farmer) farms. – M.: JSC Capital Printing House, 2008. - 120s.

3 Burenko L.A. Safety at technical service of agricultural machinery: - M.: I BEND Rosselkhozakademiya's STATE THREADS, 2014. - 332s.

4 Burenko L.A., Kazakova V.A., Ivleva I.B., Semenova T.A. Safety when servicing combine harvesters//Works of the STATE THREAD. - M, 2016. - Volume 124, part 1. – Page 42-50

5 Burenko L.A., Filippova E.M., Kazakova V.A., Ivleva I.B. Safety requirements and the prevention of accidents at repair of equipment//the Rural machine operator. - M, 2016. - No. 4. – Page 36-39

УДК 621.45.018.2:62-82

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СТЕНДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕМНОГО ГИДРОПРИВОДА

П.А. Ионов, канд. техн. наук,
профессор кафедры технического сервиса машин, доцент,
Тел.: (834-2) 25-44-39. E-mail: resurs-ime@yandex.ru
С.В. Пьянзов, аспирант,
E-mail: serega.pyanzov@yandex.ru
А.М. Земсков, канд. техн. наук,
старший преподаватель кафедры технического сервиса машин
E-mail: ZAM503@mail.ru
(ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск

Аннотация. *Статья посвящена обоснованию технических параметров стендового оборудования для оценки технического состояния объемного гидропривода в условиях предприятий технического сервиса и сервисных центров. Рассмотрены количество, марки, модели, возрастные группы и типы объемных гидроприводов отечественного и зарубежного производства современной техники сельскохозяйственного назначения. Представлены основные технические характеристики наиболее распространенных гидроагрегатов привода ходовой части и установлены диапазоны их регулирования и контроля.*

Ключевые слова: *техника сельскохозяйственного назначения, комбайн, гидросистема, объемный гидропривод ходовой части, гидромотор, гидронасос, гидростатическая трансмиссия, стендовое оборудование, техническое состояние.*

Для эффективного ведения сельского хозяйства и реализации современных технологий возделывания культур необходимо использовать современную энергонасыщенную и высокопроизводительную технику, поэтому сельскохозяйственные предприятия особое внимание должны уделять качественному техническому обслуживанию и ремонту техники [1].

Анализ конструкции современной техники сельскохозяйственного назначения отечественного и зарубежного производства показал, что одной из наиболее ответственных систем, влияющих на надежность, является гидросистема. Различают три независимые гидросистемы: основную, обеспечивающую управление и контроль рабочими органами; систему рулевого управления, осуществляющую поворот управляемых колес и гидросистему привода ходовой части, которая обеспечивается перемещения техники с необходимой для технологического процесса скоростью. Отказ одной из гидросистем в процессе эксплуатации приводит к потере работоспособности всей техники в целом, вследствие чего возникают затраты на проведение ремонтных работ и убытки из-за простоя, особенно в период проведения уборочной компании [2, 3].

Наиболее сложной является гидросистема привода ходовой части, состоящей из сложных дорогостоящих гидроагрегатов - аксиально-поршневого регулируемого гидронасоса (входное звено) и нерегулируемого гидромотора (выходное звено). Она предназначена для передачи крутящего момента от двигателя внутреннего сгорания к КПП. Гидропривод ходовой части широко применяется в трансмиссиях комбайнов отечественного и зарубежного производства, что обусловлено рядом преимуществ, к которым относится: бесступенчатое регулирование скорости вращения и реверс системы, компактность, высокий КПД. Такие технические возможности делают гидропривод универсальным средством при механизации и автоматизации различных технологических процессов [4].

При эксплуатации техники оснащенной объемным гидроприводом не всегда удается определить причину потери ее работоспособности, что достаточно часто приводит к преждевременной постановки техники на ремонт и выбраковки годных к эксплуатации агрегатов. Прежде всего, это связано с отсутствием на предприятиях технического сервиса и в сервисных центрах необходимого стендового оборудования способного достоверно оценить технического состояние объемного гидропривода по методикам заводов-изготовителей гидроагрегатов. Особенно это относится к зарубежным гидроагрегатам, технические характеристики которых значительно отличаются от отечественных аналогов. Поэтому обоснование технических параметров нового стендового оборудования для оценки технического состояния объемного гидропривода отечественного и зарубежного производства является актуальной задачей.

На начальном этапе исследований, рассмотрим марки, модели, количество, возрастные группы комбайнов отечественного и зарубежного производства оснащенных объемным гидроприводом ходовой части на примере АПК Республики Мордовия.

По данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия РМ на 2016 год общее количество зерно- и кормоуборочных комбайнов в муниципальных районах составляет 1214 и 230 единиц соответственно [5].

Анализ парка комбайнов в муниципальных районах показал, что 91,6% составляют зерноуборочные комбайны отечественного производства и 8,4 % комбайны зарубежного производства, доля кормоуборочных комбайнов составляет 75,5 % и 24,5 % соответственно.

Наиболее распространены комбайны следующих производителей: ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш», Россия (Дон, Acros, Torum); ОАО «Гомсельмаш», Республика Беларусь (Полесье); John Deere, США; Claas, Германия (Jaguar, Mega Dominator); New Holland, Бельгия; Krone, Германия (BiG X500).

В последние 2 года на рынке сельхозтехники развивается процесс импортозамещения. Это связано с введением в РФ мер по защите отечественного производителя техники и ограничениями из-за санкций. Поэтому с 2014 по 2016 год осуществлялась закупка комбайнов преимущественно произведенных в странах Евразийского экономического союза: ОАО «Гомсельмаш»: GS 12 и GS 18 [6] и России ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш»: RSM – 161 и RSM 1401 [7], которые адаптированы к нашим условия и по техническим характеристикам не уступают комбайнам зарубежного производства.

Анализируя возрастные группы комбайнов отечественного производства и стран Евразийского экономического союза можно сделать вывод, что доля новой техники (до 3-х лет) незначительна и составляет – 10,1 %, от 3-х до 10 лет – 70,6 % и более 10 лет – 19,3 %. Количество комбайнов зарубежного производства для возрастной группы от 3-х до 10 лет составляет 62 %, и более 10 лет – 38 %. Это говорит о том, что все комбайны зарубежного производства вышли из гарантийного обслуживания, а большая доля парка комбайнов до 89,9 % выработала нормативный срок и в ближайшее время будет нуждаться в качественном ремонте и ТО силами эксплуатирующих предприятий.

Детальное изучение конструктивных особенностей объемного гидропривода ходовой части комбайнов на предприятиях АПК Республики Мордовия: ОАО «Птицефабрика Чамзинская», ЗАО «Мордовский бекон», ОАО «Агрофирма Норов» и др. позволило установить марку и модельный ряд гидроагрегатов отечественного и зарубежного производства (табл. 1 и 2).

Таблица 1 – Марка и модельный ряд гидроагрегатов привода ходовой части зерно- и кормоуборочных комбайнов.

Марка и страна изготовитель	Модель	Гидроагрегаты привода ходовой части		
		Модель гидронасоса / шт.	Модель гидромотора / шт	Производитель
Зерноуборочные комбайны				
Дон, Россия	1500 Б	ГСТ -90, -112 / 180 шт.	ГСТ -90, -112 / 180 шт.	*PSM-Hydraulics*, Россия
		ГСТ -90, -112 / 540 шт.	ГСТ -90, -112 / 540 шт.	*Hydrosila*, Украина
Acros, Россия	530, 550, 580, 585	**90*R*100 /** 264 шт.	90*M*100 / 264 шт.	*Sauer-Danfoss*, Германия
	590 *Plus*			
	595 *Plus*			
Torum, Россия	740			
RSM, Россия	161	90*R*130 / 6 шт.	90*M*130 / 6 шт.	
Полесье, Республика Беларусь	*GS* 8	ГСТ -90, -112 / 60 шт.	ГСТ -90, -112 / 60 шт.	*Hydrosila*, Украина
	GS 10			
	GS 12	90*R*100 / 72 шт.	90*M*100 / 72 шт.	*Sauer-Danfoss*, Германия
	GS 18			
Кормоуборочные комбайны				
Дон, Россия	680, 680 М	ГСТ -90, -112 / 100 шт.	ГСТ -90, -112 / 100 шт.	*PSM-Hydraulics*, Россия
		ГСТ -90, -112 / 100 шт.	ГСТ -90, -112 / 100 шт.	*Hydrosila*,Украина
RSM, Россия	1401	90*R*100 / 3шт.	90*M*100 / 3 шт.	*Sauer-Danfoss*, Германия

Анализ таблицы 1 показал, что в зерно- и кормоуборочных комбайнах отечественного производства марки Дон -1500 Б, - 680, - 680 М в качестве гидроагрегатов привода ходовой части используется гидростатическая трансмиссия ГСТ-90 или -112, для комбайнов марки Acros модельного ряда: 530; 550; 580; 585; 590 и 595 Plus; для Torum 740 и RSM 1401 в качестве гидропривода используются агрегаты производства компании Sauer-Danfoss модельного ряда 90R100 (гидронасос) и 90M100 (гидромотор), для двух бункерных комбайнов RSM 161, применяются гидроагрегаты 90R130 и 90M130, обладающие большей мощностью.

На первых моделях зерноуборочных комбайнах Полесье GS 8 и GS 10 в качестве гидроагрегатов привода применялась гидростатическая трансмиссия ГСТ-112, в новых моделях GS 12 и GS 18 используются гидроагрегаты

компании Sauer-Danfoss 90R100 и 90M100, это связано с увеличением производительности, объема бункера, массы комбайна и мощности ДВС.

Таблица 2 – Марка и модельный ряд гидроагрегатов привода ходовой части зерно- и кормоуборочных комбайнов зарубежного производства.

Марка и страна производитель комбайна	Модель	Гидроагрегаты привода ходовой части		
		Модель гидронасоса / шт.	Модель гидромотора / шт.	Производитель
Зерноуборочные комбайны				
New Holland, Бельгия	*CX*6090	*H1P*130*R* / 9 шт.	90*M*100 / 9 шт.	*Sauer-Danfoss*, Германия
	*CX*8080			
Claas Mega Dominator, Германия	108	*HPV*105 / 22 шт.	*HMF*105 / 22 шт.	*Linde*, Германия
	204			
John Deere, США	9640	6493-069*P* / 10 шт.	6433-152*P* / 10 шт.	*Eaton*, США
	9660 *I*	6423-618 / 5 шт.	6433-113 / 5 шт.	
	*W*650	6493-069*P* / 20 шт.	6433-081 / 20 шт.	
Sampo, Финляндия	*SR*3085*L*	*A4VTG*90 / 5 шт.	*A2FM*90 / 5 шт.	*Bosch Rexroth*, Германия
Claas Tucano, Германия	450	*HPV*105 / 5 шт.	HMF105 / 5 шт.	*Linde,* Германия
Claas mega, Германия	350, 370	*HPV*105 / 5 шт.	*HMF*105 / 5 шт.	
Massey Ferguson, Канада	7347 *S*	6423-618 / 4 шт.	6433-081 / 4 шт.	*Eaton*, США
Case, США	2388	6423-515 / 2 шт.	6433-089 / 2 шт.	
Deutz-Fahr, Германия	6095	*HPV*105 / 5 шт.	*HMF*105 / 5 шт.	*Linde*, Германия
Кормоуборочные комбайны				
Claas Jaguar, Германия	690, 695	*BMV*70*R* / 17 шт.	*BMF*75 / 17 шт.	*Linde,* Германия
	840	*BPV*100 / 11 шт.	*BMF*105 / 11 шт.	
	850, 860, 870	*HPV*105 / 14 шт.	*HMV*135 / 14 шт.	
John Deere, США	7300	6423-049 / 5 шт.	6433-132 / 5 шт.	*Eaton*, США
	7350			
Krone BiG X, Германия	500	*BPV*100 / 3 шт.	*BMF*105 / 3 шт.	*Linde*, Германия
	650	6423-049 / 3 шт.	6433-132 / 3 шт.	*Eaton*, США
	700	*AA4VG*90 / 4 шт.	*A2FM*90 / 4 шт.	*Bosch Rexroth*, Германия

Таким образом, в качестве гидропривода ходовой части комбайнов отечественного производства и стран Евразийского экономического союза наибольшее распространение получили гидроагрегаты производства: ОАО «Гидросила» – 54,1 % (Украина); компании Sauer-Danfoss – 26,7 % (Германия) и ОАО «невмостроймашина» – 19,2 % (Россия).

Анализ таблицы 2 показал, что для зерно- и кормоуборочных комбайнов производимых в Северной Америке (John Deere, Massey Ferguson, Case) в качестве гидропривода ходовой части используются гидроагрегаты компании Eaton серии 64 (США), для комбайнов производимых в странах Европейского союза (New Holland, Claas Mega Dominator, Sampo, Claas Tucano, Claas mega, Deutz-Fahr, Claas Jaguar, Krone BiG X) в качестве гидропривода используются гидроагрегаты компаний: Sauer-Danfoss серии 90; Linde с рабочими объемами от 70 до 105 см3/об; Bosch Rexroth серии 33.

Самыми распространенными производителями гидроприводов ходовой части для комбайнов зарубежного производства, используемых в АПК Республики Мордовия, являются: Linde – 55 % (Германия), Eaton – 33 % (США), Bosch Rexroth и Sauer-Danfoss – 6 и 7 % (Германия) соответственно.

Исследования состава парка зерно- и кормоуборочных комбайнов в условиях Республики Мордовия, позволили сделать следующие выводы:

- наиболее распространенными комбайнами в сельскохозяйственных предприятиях РМ являются: Дон – 1500Б, 680, 680М; Acros 530, 580; Torum 740; Полесье GS 8, GS 12, GS 18; John Deere 9640 I, W650; Claas Jaguar, Mega Dominator, Tucano; Krone BiG X;

- в комбайнах отечественного и зарубежного производства наиболее распространены следующие гидроагрегаты: ГСТ-90, -112 (ОАО «Пневмостроймашина» и ОАО «Гидросила»); 90R100 и 90M100 (Sauer-Danfoss); 6423-618 и 6433-113 (Eaton); BMV 70R и BMF75 (Linde); AA4VG90 и A2FM90 (Bosch Rexroth);

- все комбайны зарубежного и до 89,9 % отечественного производства вышли из гарантийного обслуживания и будут нуждаться в ТО и ремонте.

Таким образом, в Республике Мордовия работает большое количество современных отечественных и зарубежных комбайнов, которые оснащены гидроагрегатами привода ходовой части зарубежного производства.

Рассмотрим технические характеристики наиболее распространенных гидроагрегатов гидропривода ходовой части регламентированных заводом-изготовителем, по которым определяется их работоспособность.

В таблице 3 представлены основные технические характеристики (параметры) гидроагрегатов отечественного и зарубежного производства.

Как видно из таблицы 3, агрегаты объемного гидропривода имеют большое количество контролируемых и расчетных параметров, которые можно определить только при помощи специальных приборов (манометров, расходомеров, тахометров и др.) и на основе полученных данных дать заключение о работоспособности. Поэтому от точности определения данных параметров зависит достоверность оценки технического состояния и качество последующего ремонта.

Гидроагрегаты привода ходовой части зерно- и кормоуборочных комбайнов имеют различную мощность и конструкцию: у одних применяется гидромеханическое управление, у других – электрогидравлическое; используются различные системы защиты и контроля; имеются встроенные регуляторы поддержания развиваемой мощности, давления и расхода рабочей жидкости. Современное диагностическое оборудование должно учитывать эти особенности конструкций и обеспечивать оценку технического состояния отдельных элементов объемного гидропривода.

Для предприятий технического сервиса (ПТС) отечественными заводами-изготовителями объемных гидроприводов разработаны технологические рекомендации и средства для оценки технического состояния агрегатов в целом и отдельных его элементов. Однако провести диагностику гидроагрегатов зарубежного производства на данных стендах не представляется возможным. В настоящее время ПТС и сервисные центры решают данную проблему путем модернизации имеющихся универсальных стендов за счет установки более мощных приводных двигателей, дополнительных приборов и гидролиний управления, электронных датчиков, портативных устройств, и систем, которые позволяют расширить отдельные диапазоны определяемых параметров технического состояния гидроприводов. Такие модернизированные стенды способны реализовать методику завода-изготовителя лишь для отдельных марок зарубежных гидроагрегатов.

Поэтому актуальной задачей является создание универсального стендового оборудования, способного с высокой точностью оценивать техническое

Таблица 3 – Основные технические характеристики гидроагрегатов привода ходовой части комбайнов, регламентированные заводами-изготовителями

Наименование параметра	Объемный гидропривод						
	PSM-Hydraulics и Гидросила	*Sauer-Danfoss*		*Eaton*	*Linde*		*Bosch Rexroth*
	ГСТ-112 [8, 9]	90*R*100 90*M*100 [10]	90*R*130 90*M*130 [10]	6423-618 6433-113 [11]	*BMV*70*R* *BMF*75 [12]	*HPV*105 *HMF* 105 [12]	*AA4VG* *A2FM* [13, 14]
Рабочий объем, см³/об - минимальный - максимальный	 0 112±2,0	 0 100,0	 0 130,0	 0 105,5	 0 70,9	 0 105,0	 0 90,0
Частота вращения насоса, об/мин - минимальная - номинальная - максимальная	 500 2000 3000	 500 3300 3650	 500 3100 3400	 500 3500 3720	 500 3000 3300	 500 2900 3200	 500 2000 3050
Объемная подача (расход), л/мин - номинальная - максимальная	 212,80 319,20	 330,0 346,7	 403,0 419,9	 350,7 375,0	 202,1 222,3	 289,3 319,3	 171,0 275,0
Давление в линии нагнетания, МПа - номинальное - максимальное	 27 42	 42 48	 42 48	 24,1 41,5	 25 42	 25 42	 40 45
Давление в линии управления, МПа - номинальное - максимальное	 1,45 1,8	 1,40 4,0	 1,40 4,0	 1,50 2,30	 1,60 2,10	 1,9 4,0	 2,2 4,0
Давление в линии управления, МПа - номинальное - максимальное	 1,45 1,8	 1,40 4,0	 1,40 4,0	 1,50 2,30	 1,60 2,10	 1,9 4,0	 2,2 4,0
Температура рабочей жидкости, °	50±5	60-85		82	80-90	90	90
Объем насоса подпитки, см³/об	18,03	26,0	26,0	27,9	18,3	22,5	27,0
Давление в линии дренажа, МПа - максимальное постоянное - максимальное краткое (до 5сек)	 0,25 0,50	 0,3 0,50	 0,3 0,50	 0,3 0,5	 0,15 0,50	 0,25 0,50	 0,4 0,50
Приводной крутящий момент, Нм - номинальный - максимальный	 510 767	 743 849	 966 1104	 441 773	 140 250	 420 670	 573 716
Выходной крутящий момент, Нм - номинальный - максимальный	 401 610	 667 763	 869 994	 449 656	 331 501	 418 702	 501 573
КПД, %, не менее - объемный - гидромеханический - полный	0,95 0,90 0,86						
Масса без рабочей жидкости, кг -гидронасоса и гидромотора	 77 и 50	 68 и 34	 88 и 45	 85 и 48	 50 и 28	 60 и 33	 53 и 23

состояние и проводить обкатку отремонтированных гидроагрегатов объемных гидроприводов зерно- и кормоуборочных комбайнов отечественного и зарубежного производства в условиях предприятий технического сервиса и сервисных центров. Особое внимание стоит уделить расширению пределов контролируемых параметров, это позволит в полном объеме реализовать методики заводов-изготовителей гидроагрегатов зарубежных производителей.

Анализ таблицы 3 позволил установить диапазоны контролируемых параметров для наиболее распространенных отечественных и зарубежных

гидроагрегатов и сформировать требования к новому стендовому оборудованию для оценки технического состояния объемных гидроприводов:

- частота вращения приводного вала гидронасоса и гидромотора 500 … 3720, об/мин;
- мощность приводного электродвигателя не менее 75 кВт;
- подача и расход в линии нагнетания 33,6 … 419,9 л/мин;
- давление в линии нагнетания 24,1 … 48 МПа;
- давление в линии управления 1,4 … 4,0 МПа;
- давление в линии дренажа 0,15 … 0,5 МПа;
- крутящий момент на валу гидронасоса и гидромотора 140 … 1104 и 332 … 994 Н м;
- температура рабочей жидкости в процессе испытания 0 …90 °С;
- погрешность измерения для подачи, расхода и давления менее 1%, для частоты вращения менее 1,5 %.

Создание нового стенда, позволит в ПТС значительно расширить номенклатуру проверяемых гидроагрегатов и качество проводимых работ.

Таким образом, проведенные исследования позволили сформулировать требования к новому стендовому оборудованию, которое позволит в условиях предприятий технического сервиса и сервисных центров максимально реализовывать методики заводов-изготовителей и с высокой точностью определять основные технические характеристики объемного гидропривода отечественного и зарубежного производства. Дальнейшие исследования будут направлены на изучение зарубежного стендового оборудования и разработку технического задания для нового гидростенда.

Литература

1. Сенин П.В. Анализ состояния машинно-тракторного парка и перспективы развития ремонтно-обслуживающей базы АПК Республики Мордовия / П.В. Сенин, П.А. Ионов – Саранск: Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Ф. Х. Бурумкулова. 2016. – С. 17-26.

2. Земсков А.М. Повышение долговечности объемного гидропривода на примере ГСТ-112 / А.М. Земсков, П.А. Ионов, П.В. Сенин // Технология колесных и гусеничных машин. 2015. № 4. С. 21-26.

3. Сенин П.В. Новая технология ремонта регулируемых аксиально-поршневых гидромашин / П.В. Сенин, П.А. Ионов, А.В. Столяров, А.М. Земсков, С.В. Пьянзов // Сельский механизатор. 2016. №9. С.30-33.

4. Земсков А.М. Оценка технического состояния бывших в эксплуатации объемных гидроприводов ГСТ-112 / А.М Земсков, П.А. Ионов, А.В. Столяров, П.П Лезин. // В сборнике: Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции Материалы X Международной научно-практической конференции. 2014. С. 318-325.

5. Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Мордовия. Режим доступа: http://agro.e-mordovia.ru/.

6. Электронная страница ОАО «Гомсельмаш» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.gomselmash.by - Загл. с экрана.

7. Электронная страница ООО «КЗ «Ростсельмаш» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.rostselmash.com - Загл. с экрана.

8. Электронная страница ООО «Салават Гидравлика» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.salavatgidravlika.ru - Загл. с экрана.

9. Электронная страница ЗАО «Гидросила ГРУП» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hydrosila.com - Загл. с экрана.

10. Technical information. Axial piston pumps series 90. Sauer-Danfoss march 2016. – 91 p.

11. Eaton heavy duty hydrostatic transmissions. Models 33 through 76. Eaton Corporation june 1997. – 32 p.

12. Linde high-pressure motors for open and closed loop circuits HMF/V/R-02. Linde Hydraulics Corporation – 24 p.

13. Axial piston fixed motor A2FM series 6. Bosch Rexroth Group june 2012. – 46 p.

14. Axial piston variable pump A4VTG series 33. Bosch Rexroth Group august 2008. – 20 p.

JUSTIFICATION OF TECHNICAL PARAMETERS OF THE STAND EQUIPMENT FOR ASSESSMENT OF TECHNICAL STATE VOLUMETRIC HYDRAULIC DRIVE

P. A. Ionov, candidate of technical sciences,
S. V. Piyanzov, post-graduate student,
A. M Zemskov, candidate of technical sciences
Ogarev Mordovia State University (Saransk, Russia)

The article is devoted to justification of technical parameters of the bench testing equipment to assess the technical conditions of volumetric hydrodrives under conditions of enterprises of the technical services and service centers. The quantity, brand, model, age groups and types of volumetric hydrodrives of domestic and foreign production of modern equipment for agricultural purposes are considered. the basic specifications of most common hydraulic drive units are presented and the ranges of their regulation and control are estimated.

***Keywords**: equipment agricultural, harvester, hydraulic, volumetric hydraulic suspension, hydraulic motor, hydraulic pump, hydrostatic transmission, stand equipment, technical condition.*

REFERENCES

1. Senin P.V. Analysis of the condition of the machine and tractor fleet and prospects for the development of the repair and maintenance base of the agro industrial complex of the Republic of Mordovia / P.V. Senin, P.A. Ionov - Saransk: Energy-efficient and resource-saving technologies and systems. Collection of scientific works of the international scientific and practical conference dedicated to the memory of Doctor of Technical Sciences, Professor F. Kh. Burumkulov. 2016. – p. 17-26.

2. Zemskov A.M. Increasing the durability of the three-dimensional hydraulic drive using the example of GTS-112) / A.M. Zemskov, P.A. Ionov, P.V. Senin // Technology of wheeled and caterpillar vehicles. 2015. № 4. p. 21-26.

3. Senin P.V. New technology of repair of adjustable axial-piston hydraulic machines / P.V. Senin, P.A. Ionov, A.V. Stolyarov, A.M. Zemskov, S.V. Piynzov // Rural mechanic. 2016. № 9. p. 30-33.

4. Zemskov A.M. Evaluation of the technical condition of the three-dimensional hydrodrives GST-112 / A.M. Zemskov, P.A. Ionov, A.V. Stolyarov, P. P. Lezin. // In the collection: Resource-saving environmentally safe technologies of production and processing of agricultural products Materials of the International Scientific and Practical Conference. 2014. p. 318-325.

5. Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Mordovia. Access mode: http://agro.e-mordovia.ru/.

6. Electronic page of JSC «Gomselmash» [Electronic resource]. Access mode: http://www.gomselmash.by.

7. Electronic page of LLC «KZ» Rostselmash «[Electronic resource]. Access mode: http://www.rostselmash.com.

8. Electronic page of LLC «Salavat Gidravlika» [Electronic resource]. Access mode: http://www.salavatgidravlika.ru.

9. Electronic page of JSC «Hydrosila GROUP» [Electronic resource]. Access mode: http://www.hydrosila.com.

10. Technical information. Axial piston pumps series 90. Sauer-Danfoss march 2016. – p 91.

11. Eaton heavy duty hydrostatic transmissions. Models 33 through 76. Eaton Corporation june 1997. – p 32.

12. Linde high-pressure motors for open and closed loop circuits HMF/V/R-02. Linde Hydraulics Corporation – p 24.

13. Axial piston fixed motor A2FM series 6. Bosch Rexroth Group june 2012. – p 46.

14. Axial piston variable pump A4VTG series 33. Bosch Rexroth Group august 2008. – p 20.

УДК 621.791

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАЗМЕННОЙ ДУГИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ БАЛАНСИРОВ

В.А. Павлов[1,2], бакалавр
Д.Б. Слинко[1,2], кандидат технических наук, доцент
([1]Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ), г. Москва, тел. 84957093359)
([2]МГТУ им. Н.Э.Баумана, г. Москва, тел. 84992670236)

Аннотация*: в работе показана возможность применения метода плазменно-порошковой наплавки при восстановлении балансиров боевой машины пехоты. Разработаны технология и оборудование для наплавки и механической обработки.*

Ключевые слова: *балансир, плазменная дуга, порошок, наплавка, механическая обработка, твёрдость, микроструктура.*

В настоящее время гусеничная техника находит широкое применения во многих отраслях промышленности, включая строительную, добывающую, военную, сельское хозяйство. В процессе эксплуатации детали гусеничных машин, в частности, балансиры боевой машины пехоты (БМП) изнашиваются до предельного состояния. Данная деталь является металлоёмкой, обладает высокой стоимостью, в связи с чем её восстановление существенно снижает затраты предприятия при проведении капитального ремонта.

Данная работа посвящена задаче восстановления балансира, который используется в подвеске БМП-1.

Балансир (рисунок 1) является элементом подвески гусеничной машины, предназначенным для подвижного соединения опорного катка с корпусом машины. Балансиры выполняются в виде кривошипа, который условно можно разделить на три основных части: ось балансира, рычаг и ось катка.

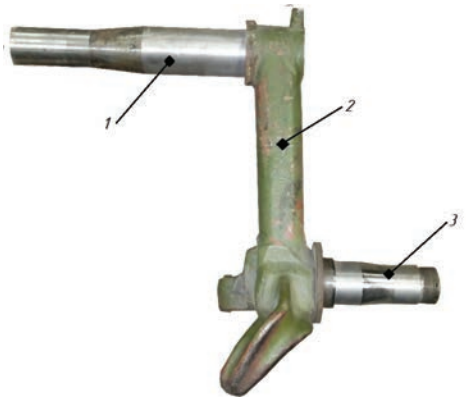


Рисунок 1. Балансир БМП-1: 1 – ось балансира; 2 – рычаг; 3 – ось катка.

Балансир БМП изготовлен из стали марки 38ХС (сталь конструкционная легированная, хромокремнистая), относящейся к трудносвариваемым ста-

лям. Твердость поверхности шеек балансира составляет 280 – 320 НВ.

Эксплуатация балансиров происходит в условиях абразивного и коррозионного износов, в результате чего ось катка изнашивается в среднем до 0,2 мм, а ось балансира – до 0,4 мм.

Для восстановления изношенных осей балансира был использован способ плазменно-порошковой наплавки с гравитационной схемой подачи порошка в дугу снаружи плазмотрона (рисунок 2) [1].

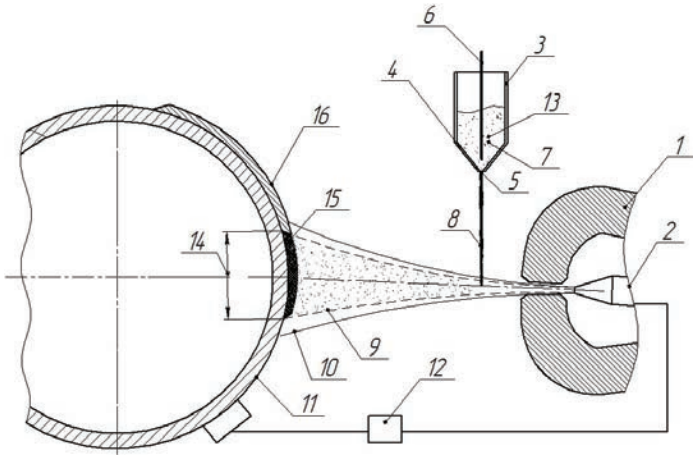


Рисунок 2. Схема плазменно-порошковой наплавки с подачей порошка в дугу снаружи плазмотрона: 1 – плазмотрон; 2 – вольфрамовый электрод; 3 – порошковый питатель; 4 – выпускная полость; 5 – дозирующее отверстие; 6 – запорная игла; 7 – порошок; 8 – поток порошка; 9 – столб сжатой дуги; 10 – сжатая дуга; 11 – наплавляемая поверхность; 12 – источник сварочного тока; 13 – зона ввода; 14 – пятно нагрева; 15 – сварочная ванна; 16 – наплавленный слой.

Наиболее распространённые в практике методы подачи порошка в сжатую дугу потоком транспортирующего газа с учётом неравномерности распределения теплоты в дуговом промежутке характеризуются высокой неоднородностью нагрева частиц при переносе на наплавляемую поверхность. Поэтому свыше 10% порошка переносится потоком транспортирующего газа за пределы сварочной ванны, которые относятся к технологическим потерям.

В то же время способ плазменно-порошковой наплавки с подачей порошка снаружи плазмотрона, благодаря возможности регулирования в широком диапазоне соотношения между тепловой мощностью дуги и подачей присадочного порошка, обеспечивает высокую производительность при минимальном проплавлении основного металла, что позволяет обеспечивать требуемую твердость и заданный химический состав наплавленного металла уже на расстоянии 0,3-0,5 мм от поверхности сплавления [2, 3].

Кроме того, при использовании данного способа плазменной наплавки ввод ламинарного узкоцилиндрического потока порошка в область наибольших температур столба сжатой дуги обеспечивает максимальную интенсивность и продолжительность теплообмена порошкообразного присадочного материала при переносе частиц плазменными потоками на наплавляемую поверхность в расплавленном состоянии в область активного пятна дуги

на изделии [4]. В результате существенно повышается качество сплавления с основным металлом при устойчивом формировании покрытия на уровне минимальной погонной энергии, что обеспечивает минимальный уровень тепловложения и деформаций.

Все работы по плазменно-порошковой наплавке изношенных поверхностей балансира проводились с использованием установки, разработанной на базе переоборудованного токарного станка 16К20 (рисунок 3).

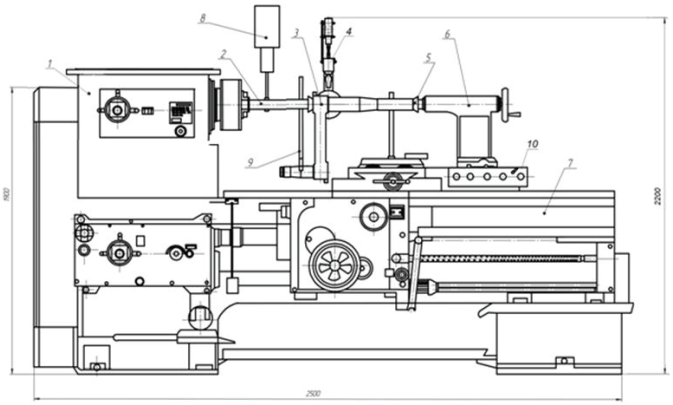


Рисунок 3. Схема переоборудованного станка 16К20 с установленным комплектом для плазменно-порошковой наплавки: 1–бабка передняя; 2– центр; 3– балансир; 4–головка наплавочная; 5– грибок; 6– бабка задняя (пиноль); 7– станина станка16К20, 8- противовес; 9-поводок; 10-пульт управления.

В связи с конструктивными особенностями детали (радиус кривошипа 360 мм) была проведена модернизация станка для обеспечения беспрепятственного вращения балансира. Для этого был осуществлён подъём передней и задней бабок станка на 400 мм, что повлекло за собой необходимость замены зубчатой передачи на цепную. Кроме того, посредством уменьшения ведущего шкива ременной передачи были достигнуты необходимые обороты шпинделя (с 12,5 оборотов до 6 оборотов).

Для закрепления балансира в станке была разработана и установлена специализированная оснастка, состоящая из центра для передней бабки, грибка для задней бабки, противовеса и поводка, крепящихся к центру. Для реализации процесса плазменно-порошковой наплавки был также разработан и изготовлен комплект для плазменно-порошковой наплавки, включающий в себя шкаф управления, плазмотрон и порошковый питатель.

В качестве источника питания плазменной дуги был использован сварочный выпрямитель марки ВДУ-506С. Управление установкой осуществлялось посредством кнопок и переключателей на выносном пульте управления.

В процессе отработки технологии были экспериментально определены режимы наплавки: ток наплавки – 190-220 А; напряжение дуги – 22 В; общий расход смеси порошков – 60 г/мин; расход защитного газа – 7-8 л/мин; расход плазмообразующего газа – 2-4 л/мин; расход охлаждающей воды – 3-4 л/мин; продольная подача – 4 мм/об; скорость вращения детали – 6 об / мин. Наплавка осуществлялась на величину 0,8 мм на сторону.

С целью получения наплавленного металла заданной твёрдости были проведены исследования по выбору оптимального состава порошкового материала. По результатам экспериментальных исследований для наплавки изношенных поверхностей балансира была выбрана порошковая смесь ПР-Н9Г4СР (ФМИ-5) и ПР-Н4Д2М в соотношении 1:1 (фракция 80-160 мкм).

Исследования показали, что данная смесь обеспечивает высокое качество наплавленного слоя без пор и трещин (рисунок 4), а также – микротвёрдость наплавленного слоя в среднем 400 НВ (рисунок 5).

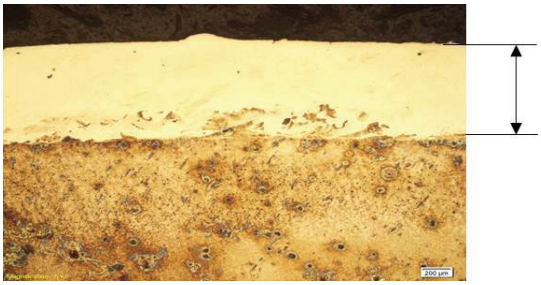


Рисунок 4. Микрофотография наплавленного образца (х50).

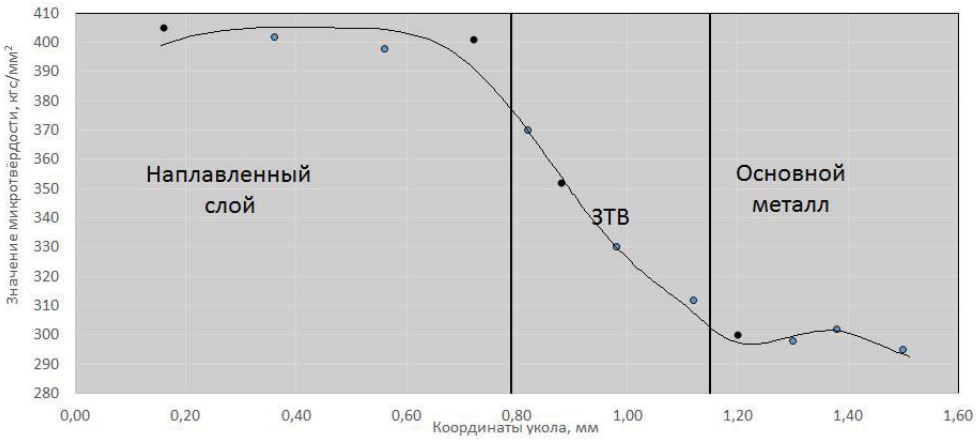


Рисунок 5. Исследование микротвёрдости по глубине шлифа.

Разработанная технология восстановления балансиров включает в себя проведение механической обработки в три этапа на токарном станке модели 165 (рисунок 6).

На первом этапе осуществлялась предварительная механическая обработка перед наплавкой с целью снятия дефектов поверхности и занижения диаметров оси балансира и оси катка на 0,5 мм для унификации последующего процесса наплавки всех шеек на одних и тех же режимах.

На втором этапе после наплавки проводилась токарная обработка восстановленных поверхностей с целью получения номинальных размеров осей балансира.

На третьем этапе проводилась финишная механическая обработка осей балансира шлифованием с использованием лепесткового шлифовального круга в соответствии с требованиями рабочего чертежа.

Рисунок 6. Токарный станок модели 165.

В результате проделанной работы был разработан технологический процесс восстановления балансира с высоким качеством наплавленной поверхности, отвечающей эксплуатационным требованиям работы балансира [5].

Данные технология и оборудование введены в эксплуатацию на ОАО «103 Арсенал».

Литература

1. *Патент 2412030 РФ, МПК B23K 9/04. Способ плазменной наплавки / Н.М. Ожегов, В.П. Пазына. Заявл. 09.12.2008 Опубл. 20.02.2011, бюл. №5.*
2. *Патент 2479392 РФ, МПК B23K 9/04. Способ плазменной наплавки / Н.М. Ожегов, В.П. Пазына, Д.А. Капошко, А.В. Бармашов. Заявл. 11.04.2011 Опубл. 20.04.2013, бюл. №11.*
3. *Слинко Д.Б., Опыт использования плазменно-порошковой наплавки при восстановлении полуосей эскалаторов метрополитена./ Д.Б. Слинко, Р.Ю. Соловьев, А.В. Кавешник// Труды ГОСНИТИ – М.: 2015 Том 121, с. 243 – 249.*
4. *Соснин Н.А., Ермаков С.А., Тополянский П.А. Плазменные технологии. Руководство для инженеров. – СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2008. – 406 с.*
5. *Слинко Д.Б., Восстановительная наплавка балансиров гусеничной техники./ Д.Б. Слинко, В.А. Павлов, А.В. Ерёмин// Труды ГОСНИТИ. – М.: 2017. Том 126, с. 128-136.*

THE USE OF PLASMA ARC DURING THE RESTORATION OF THE BALANCE BEAMS

V.A. Pavlov[1,2], student
D.B. Slinko[1,2], Candidate of Technical Sciences
([1]Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Agroengineering Center VIM» (FGBNU FNAC VIM), Moscow, 84957093359)
([2]Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia, 84992670236)

***Abstract**: the possibility of using the plasma-powder surfacing method for restoring the balances of an infantry fighting vehicle has been demonstrated. Technology and equipment for surfacing and machining have been developed.*

***Keywords**: balancer, plasma arc, powder, surfacing, machining, hardness, microstructure.*

1. *Patent 2412030 RF IPC V23K 9/04. A method of plasma deposition / N.M.Ozhegov, V.P.Pazyna. Application from 09.12.2008.*
2. *Patent 2479392 RF IPC V23K 9/04. A method of plasma deposition /*

N.M.Ozhegov, V.P. Pazyna, D.A. Kaposhko, A.V. Barmashov. Application from 11.04.2011.

3. Slinko D.B., Experience in the use of plasma-exchange-powder surfacing in the reduction of the semi-axes escalators of metro./ D.B. Slinko, R.Y. Solovyov, A.V. Kaveshnik// Proceedings GOSNITI. – M.: 2015. Vol.121. p.243 - 249.

4. Sosnin N.A., Ermakov S.A., Topolyanskiy P.A. Plasma technology. Guide for Engineers. – St. Petersburg: SpbSTU Publ., 2008. – 408 p.

5. Slinko D.B., Restorative surfacing of track-type vehicle balance beams./ D.B. Slinko, V.A. Pavlov, A.V. Eryomin// Proceedings GOSNITI. – M.: 2017. Vol.126, p.128-136.

УДК 637.115

ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНО-КИНЕМАТИЧЕСКИХ СХЕМ АВТОМАТИЧЕСКИХ МАНИПУЛЯТОРОВ ДЛЯ ПОЧЕТВЕРТНОГО ДОЕНИЯ

Е.А. Никитин,
Кирсанов В.В.,
Павкин Д.Ю.
(ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,
Москва, 8 (499) 171-43-49, E-mail: vim@vim.ru)

Аннотация. *В статье приводится краткий анализ манипуляторов доильных роботов, информация о проводимых исследованиях в области машинного доения, предлагается концепция создания автоматизированного модуля с системой почетвертного доения коров и перспективой разработки доильного робота.*

Ключевые слова: *молочное животноводство; машинное доение; почетвертное доение; доильный робот.*

Введение

Повышение количества и качества производимой продукции молочного животноводства является одной из ключевых проблем агропромышленного комплекса страны. [4]

В настоящее время производственные процессы в молочном животноводстве России имеют более низкие по сравнению с развитыми странами показатели уровней механизации и автоматизации.

По данным аналитического управления аппарата Совета Федерации за 2015 год Российская Федерация в среднем по отраслям занимает 40-е место в мире по производительности труда, а в сельскохозяйственном производстве аналогичный показатель в 3 – 4 раза меньше, чем в развитых странах. [3]

Данное обстоятельство обусловлено высокой долей ручного труда, применением устаревших средств механизации, неразвитостью сервисной инфраструктуры и предприятий сельхозмашиностроения для животноводства и кормопроизводства, низкой квалификацией операторов и обслуживающего персонала. Высокоэффективные формы ведения животноводства используются, как правило, только на мегафермах при практически 100% - ном оснащении импортным оборудованием. Отечественная промышленность не выпускает конкурентноспособное высокопроизводительное технологическое оборудование для таких ферм, это, доильные установки типа «Параллель» и «Карусель», кормомиксеры, оборудование для переработки навоза и др. С другой стороны на молочных фермах России активно идет внедрение доильных роботов зарубежного производства (работает 500 роботов). Роботизированные технологии базируются на принципе добровольности, что создает предпосылки для бесстрессового обслуживания животных, получения от них высококачественного молока, осуществления мониторинга здоровья и продуктивности отдельных четвертей вымени. В сравнении с доильными

залами это создает определенные преимущества: более тщательно выполняются операции преддоильной обработки сосков, мониторинг здоровья вымени и качества молока, а технология почетвертного доения животных обеспечивает более эффективный щадящий режим, исключающий холостое доение, передержки доильных стаканах на выдоенных четвертях вымени, что создает предпосылки для увеличения продуктивного долголетия животных. Имеются и определенные проблемы, высокая стоимость сервисного обслуживания, увеличенная продолжительность подключения доильных стаканов у отдельных животных и др. В целом технологии децентрализованного доения в роботах и централизованного доения в залах требуют дальнейшей хозяйственной проверки и проведения сравнительных испытаний на МИС, как это ранее всегда делалось в Советском Союзе, когда возникали сомнения и требовалась объективная оценка новой технологии. Однако уже сейчас обозначилась проблема разработки автоматизированного доильного модуля с с адаптивным почетвертным доением для модернизации существующих типов доильных установок и при последующем его использовании в составе доильных роботов. [2]

Цель исследования:

Разработка автоматического манипулятора с функциями почетвертного доения, мониторингом качества молока и здоровья животного.

Задачи исследования:

обеспечить качественное доение животного;

снизить уровень заболевания коров маститом благодаря оптимизации режимов доения с учётом физиологии животного;

обеспечить снижение трудозатрат на лечение и воспроизводство поголовья;

снизить загрязненность молока за счет тщательной обработке сосков вымени, предотвращению попадания некондиционного молока в сборное молоко, благодаря измерительным датчикам электропроводимости и разделению молочного потока;

осуществлять эффективную селекционную работу на основе информации от индивидуальных почетвертных счетчиков молока;

своевременно выявлять и устранять болезни животных, благодаря системе мониторинга состояния здоровья.

Актуальность разработки автоматического манипулятора для почетвертного доения доказывает дороговизна импортного оборудования с аналогичными техническими характеристиками.

В импортных образцах обеспечить почетвертное доение коров, способны лишь установки типа – «доильный робот».

Для промышленности автоматические манипуляторы уже не являются новшеством. Большое применение автоматические манипуляторы получают в металло и деревообрабатывающей отрасли. [1]

Анализ параметров автоматических манипуляторов.

При анализе необходимо учитывать совершаемые манипулятором движения, которые имеют следующую классификацию:

- глобальные: движения стойки манипулятора, которые существенно превышают размеры механизма;

- региональные: движения, обеспечиваемые первыми тремя звеньями манипулятора или его “рукой”, величина которых сопоставима с размерами механизма;

- локальные: движения, обеспечиваемые звеньями манипулятора, которые образуют его “кисть”, величина которых значительно меньше размеров механизма. [5]

Большинство технических показателей манипулятора описывают, в первую очередь, его собственные свойства, которые подразделяются на два вида: механические и алгоритмические. Механические свойства связаны с конструктивным исполнением манипулятора, в то время как алгоритмические свойства связаны с реализацией его системы управления:

Число степеней подвижности;

Рабочее пространство;

Зона обслуживания манипулятора; ;

Границы достижимости;

Манипулятивность.

Кинематические схемы манипуляторов дольных роботов более просты по сравнению с промышленными. Как правило, достаточно иметь три степени свободы.

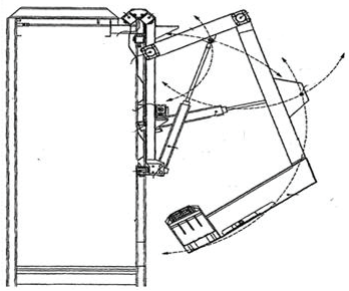


Рисунок 1 – Схема манипулятора доильного робота Lely

Некоторые манипуляторы доильных роботов является достаточно громоздкими, совершают значительные региональные движения и не могут использоваться на всех типах доильных установок.

Что касается системы почетвертного доения, то на сегодняшний день она является наиболее эффективным способом доения коров, положительно влияет на здоровье животных, снижая в дальнейшем затраты на лечение и воспроизводство поголовья.

Нами предлагается модульная установка, обеспечивающая почетвертной способ доения на основе применения модернизированного МД-Ф – 1, принципиальная схема которого относится к трехподвижному манипулятору ангулярного типа (рис. 3).

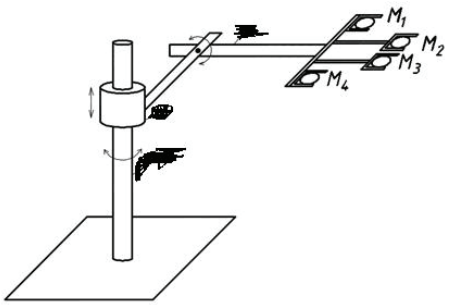


Рисунок 3 – Схема применяемого манипулятора в доильной установке

Основной задачей совершенствования данного манипулятора является обеспечение независимой подвески доильных стаканов в процессе доения и их индивидуальное подключение (отключение), применение почетвертных датчиков-счетчиков молока с отключателями вакуума.

Счетчик молока измеряет интенсивность и объём молокоотдачи по каждой доли вымени, передает информацию в блок управления, который формируют управляющие сигналы по каждой доле отдельно.

Основное преимущество предлагаемой установки это её унификация и возможность использования на существующих доильных установках типа «Тандем» и «Елочка», что создает дополнительные тренды ее применения.

Так например, для фермерских хозяйств, имеющих низкий финансовый потенциал вполне подойдёт полуавтоматический манипулятор с системой почетвертного доения, где подготовка вымени к доению и установка доильных стаканов будет осуществляться оператором, а дальнейшие действия включая доение с почетвертным контролем, снятие и отвод доильных стаканов будут осуществляться автоматикой.

И наоборот, для хозяйств заинтересованных в повышении уровня автоматизации в процессе производства молока, и обладающих большими финансовыми возможностями, предусматривается создание унифицированного автоматического модуля, оснащенного матричной камерой и системой точного позиционирования.

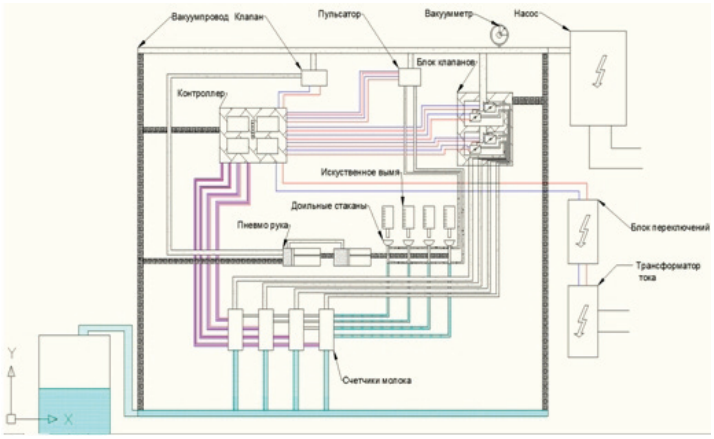


Рисунок – 4 Принципиальная схема доильной установки с системой почетвертного доения

Основным управляющим элементом в прототипе доильной установки является счетчик молока. Индивидуальным счетчиком для каждой четверти вымени осуществляется контроль уровня молокоотдачи и удой, данные считываются блоком управления и в соответствии с заданным алгоритмом управления, выставляется необходимый режим доения по каждой четверти и дальнейшее своевременное отключение.

Предлагаемая принципиальная схема реализована в виде экспериментального лабораторного образца рис. 5 унифицированного доильного модуля, оснащенного системой почетвертного доения.

Установка работает в полуавтоматическом режиме, надевание доильных стаканов на макет искусственного вымени осуществляется вручную, а все

последующие операции выполняются посредствам электронного управления автоматически.

Рисунок 5 – лабораторный образец экспериментальной доильной установки

Выводы

Конечная цель данной работы - это создание отечественного доильного робота с системой почетвертного доения, мониторингом качества молока и здоровья животного.

На 1-м этапе предполагается создание полуавтоматического манипулятора с функцией почетвертного доения, оснащенного системой почетвертного контроля потока молока и управления процессом доения.

На 2-м этапе планируется создание роботизированного манипулятора, оснащенного системой технического зрения для нахождения обслуживаемых зон вымени.

Список литературы

1. *Функционально-стоимостный анализ роботизированных систем и выбор альтернативных вариантов добровольного доения коров*

Цой Ю.А., Кирсанов В.В., Петренко А.П. Техника и оборудование для села. 2014. №8 (206).

2. *Направления совершенствования исполнительных механизмов доильных установок*

Кирсанов В.В., Щукин К.С., Легеза В.Н. Достижения науки и техники АПК. 2010. №1.

3. *Аналитический вестник № 29 (628). Производительность труда в России и в мире. Влияние на конкурентоспособность экономики и уровень жизни. – Подготовлен по итогам заседания Научно-методического семинара Аналитического управления Аппарата Совета Федерации, 7 июня 2016 года.*

4. *Карташов Л.П., Поздняков В.Д., Ревякин Е.Л. – Технологии и технические средства обучения операторов животноводства – М.: Росинформагротех, 2007. – 87 с.*

5. *Медведев В.С., Лесков А. ., Ющенко А.С. Системы управления манипуляционных роботов.— М.: Наука, 1978.— 416с.— (Научные основы робототехники).*

TO STUDY THE STRUCTURAL AND KINEMATIC SCHEMES OF AUTOMATIC MANIPULATORS FOR A QUARTER OF THE UDDER MILKING

Nikitin Evgeniy Alexandrovich,
Kirsanov Vladimir Vyacheslavovich,
Pavkin Dmitry Yuryevich

Abstract. *The article provides a brief analysis of manipulators of milking robots, and information about ongoing research in the field of machined milking; a concept of building an automated module system for quartered milking of cows and prospect of the development of the milking robot are also provided*

Keywords*: dairy farming; machine milking; quartered milking; milking robot.*

Literature

1. *Functional-cost analysis of robotic systems and the range of alternative options for voluntary milking of cows Choi, Y. A., Kirsanov V. V., Petrenko A. P. Machinery and equipment for the village. 2014. No. 8 (206).*
2. *Directions of improvement of the enforcement mechanisms of milking machines Kirsanov V. V., Shchukin K. S., Took Place At V. N. The achievements of science and technology of APC. 2010. No. 1.*
3. *Analytical Bulletin No. 29 (628). Labor productivity in Russia and in the world. Impact on the competitiveness of the economy and standard of living. Prepared following the meeting of the Scientific-methodical seminar of Analytical Department of the Federation Council, June 7, 2016.*
4. *Kartashov L. P., Pozdnyakov D. V., Revyakin, E. L. – Technology and technical training of operators of livestock – M.: Rosinformagrotech, 2007. – 87 S.*
5. *Medvedev V. S., Leskov A. G., Yushchenko A. S. . System of control of manipulation robots. — M.: Nauka, 1978. — 416 p. — (Scientific fundamentals of robotics).*

УДК 631.31

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ УПРОЧНЕНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРУДИЙ

Крюковская Н.С., научный сотрудник, аспирантка
(Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный агроинженерный ценр ВИМ»,
г. Москва, 8-(968)-658-12-23, robotchch@gmail.com)

Аннотация. *В работе рассматриваются современные методы упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных орудий.*

Ключевые слова: *абразивное изнашивание, износостойкость, сельскохозяйственные орудия, упрочнение.*

Целью настоящей работы является анализ современных методов упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих орудий.

Исследование осуществлялось по материалам отечественной и зарубежной специализированной литературы и профильных журналов.

Сельское хозяйство зародилось в далекой древности и существует уже более двенадцати тысяч лет. [1, с.5] Сельскохозяйственная продукция важнейший и не заменимый источник жизненных благ человечества. Ведь из нее получают продукты питания, лекарства и одежду. [2, с.2]

Согласно исследованиям П. У. Бахтина, ежегодно в мире обрабатывается порядка 1,5 млрд. га почвы, а в России площадь обработки составляет около 120 млн. га. [3, с.5] От качества почвообработки напрямую зависит урожайность сельскохозяйственных культур и составляет около 25% по мнению ученых-агрономов. Поэтому выбору способов обработки почвы следует уделять особое внимание, т.к. ошибки грозят непоправимыми массовыми потерями урожая. [3, с.5]

Между тем, численность населения Земли постоянно растет и в настоящее время составляет более 7,3 млрд. человек. ООН прогнозирует: «к 2030 году население Земли может достигнуть 9,7 млрд. человек, а к 2050 году предположительно превысит 11 млрд.» [11] Соответственно, ежегодный объем ресурсов, потребляемых человечеством, также непрерывно увеличивается. Поэтому, необходимость развития сельскохозяйственных машин и орудий – актуальная задача на международном уровне. В связи с этим необходимо увеличение качества и скорости обработки полей, уменьшение времени простоев техники в связи с поломкой или износом последней или сельскохозяйственных орудий. Для достижения этих целей нужна техника и орудия нового поколения. Поэтому требуется дальнейшее изучение данных проблем и выдвижение новых идей с использованием современных технологий и тенденций.

Почва является серьезной абразивной средой, содержащей различные кислоты, соли и углеводороды, которые под действием влаги значительно ускоряют износ орудий. Материал подвергается коррозии и разрушающему воздействию водорода. [12] Таким образом, огромное количество металла остается в почве, а орудия приходят в негодность в огромных количествах.

Согласно исследованиям Крамиса при выращивании зерновых культур только в Турции при обработке почвы площадью 13.422.000 га износ и истирание стали составляет 9700 тонн. [12]

В настоящее время существует множество методов увеличения долговечности орудий. Вместо используемых ранее конструкционных и легируемых сталей применяют высокопрочные износостойкие стали, кованные или литые. Для улучшения поверхностных свойств орудий, а именно увеличения твердости и ударопрочности и получения соответствующей микроструктуры применяется термообработка. Однако износостойкость при этом изменяется не столь значительно. [4]

Другим решением проблемы является химическая термообработка высококачественной углеродистой стали: азотирование, борирование и др. При азотировании образуется очень твердое химическое соединение азота с железом на поверхности орудия слоем толщиной 0,5 мм. [13, 14]. В 2011 году Язичи исследовал влияние карбонитрования поверхности лемехов на увеличение их долговечности. Потери массы уменьшились на 14,65%, а размера на 26,47%, что намного лучше по сравнению с обычными термообработанными лемехами. [13].

Также орудия упрочняют с помощью вибраций и колебаний. Поверхность орудия подвергается множеству микро ударов рабочим инструментом, вызывающего пластическое деформирование поверхностного слоя. [5] Кроме этого существует метод пластического деформирования в переменном магнитном поле. Его применение повышает твердость поверхностей на 20-30%, усталостную прочность на 50-80% и снижает шероховатость на 2-3 квалитета. При этом износостойкость достигает более высоких значений по сравнению с наплавкой режущей части (в 1,4-1,7 раз, в зависимости от типа почвы).[6]

Наиболее распространенным методом упрочнения сельскохозяйственных орудий является индукционная наплавка рабочих поверхностей. Ее производят таким образом, чтобы режущая кромка была устойчива к износу и был создан эффект самозатачивания. Долговечность при этом увеличивается в 1,8-2 раза. [7]

В практике встречается комбинации методов. Так при комбинации наплавки сормайтом и вибрационного упрочнения лап культиватора достигается увеличение долговечности в 2,35-2,42 раза. [4]

Одним из современных методов упрочнения, показывающих наилучшие физические результаты по повышению долговечности орудий, является лазерное упрочнение. При этом поверхность орудия облучается газовым CO2-лазером с выходной мощностью 0,7-1 кВт, диаметром лазерного луча 3-10 мм и скоростью перемещения образцов 10-30 мм/с. При этом образуются зоны закалки в виде полос шириной 2-3 мм с частичным оплавлением поверхности. Износостойкость лап культиватора, упрочненных лазерным лучом, увеличивается в 4-5 раз. [8]

Но в этом методе есть существенный недостаток, а именно высокая стоимость оборудования и расходных материалов, что требует больших капиталовложений «на старте», которые могут и не окупиться при среднесерийном производстве.

Относительно новым методом упрочнения сельскохозяйственных орудий является наплавка на поверхность отдельных валиков прямой или дуговой

формы. Они приводят к образованию зон застоя почвы, и трение почвы в дальнейшем происходит по этому слою. Разработка этого метода и исследования эффективности проводились как отечественными учеными [9, 10], так и за рубежом в Чехии [13]. Упрочнялись лишь орудия плоской формы, преимущественно лемехи. В результате исследований было выявлено увеличение долговечности в 2-2,2 раза. Так как валики должны иметь строго определенные геометрические размеры (как сами валики, так и расстояние между ними), то применение этой технологии охватывает лишь орудия плоской формы. Упрочнение же орудий со сложной пространственной геометрией: лап культиватора, долот, борон пока не представлялось возможным.

Выводы: Проблеме износа сельскохозяйственных орудий уделяется большое внимание учеными всего мира. Существует множество методов улучшения износостойких характеристик материалов. Однако либо износостойкость орудий увеличивается не значительно, либо метод является экономически не оправданым. Не так давно был разработан метод упрочнения орудий наплавкой отдельных валиков. По техническим и экономическим показателям он является выгодным. Однако исследован он еще не полностью и применяется только к орудиям плоской формы.

С целью более глубокого исследования по этому направлению и расширению области применения планируется использование современных технических достижений человечества - установок типа 4D и их адаптация под поставленные задачи. При этом наплавку можно будет проводить в полностью автоматическом режиме, что позволит существенно снизить трудовые, временные и, как следствие, экономические затраты. Кроме того, упрочнять подобным методом будет возможно сельскохозяйственные орудия любой формы, получая при этом абсолютную идентичность наплавки на всей партии деталей и стабильное качество наплавленных валиков.

Литература:

1. *Капитонов, Е.Н. История сельскохозяйственного машиностроения России: монография / Е.Н. Капитонов. – Тамбов: ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 60 с.*
2. *Попов, Н.А. Организация сельскохозяйственного производства / Н.А. Попов. – М.: Тандем, 2006. - 352 с.*
3. *Панов, И.М. Физические основы механики почв: монография / И.М. Панов, В.И. Ветохин. - Киев: Феникс, 2008. - 266с.*
4. *Дудников, А.А. Технологические способы повышения долговечности и ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин / А.А. Дудников, А.И. Беловод, А.Г. Пасюта, А.А. Келемеш, А.В. Горбенко // Машиноведение и машиностроение.-2015.-№5, т.1 – 4-7.*
5. *Семчук, Г.И. Анализ способов повышения долговечности культиваторных лап. / Г.И. Семчук, А.А. Дудников //Восточно-европейский журнал передовых технологий.-2013.-№5, т.1 – 67-70.*
6. *Таранов, А.С. Упрочнение рабочих органов сельхозмашин методом поверхностного пластического деформирования в переменном магнитном поле. / А.С. Таранов // Достижения науки и техники в АПК. – 2009. - №1 – 57-59.*
7. *Иванайский, В.В. Физико-химические и технологические основы управления структурой и свойствами защитного покрытия на рабочих органах сельхозмашин: монография / В.В. Иванайский. – Барнаул: АГАУ, 2010. – 188с.*
8. *Бирюков, В.П. Изменение структуры и свойств сталей при лазерном упрочнении. / В.П. Бирюков // Технологическое оборудование и технологии. - 2012. – №3, т.33 – 22-26*

9. Капошко, Д.А. Термоупрочнение поверхности плужных лемехов методом шаговой наплавки с применением электродов для сварки углеродистых сталей: автореферат / Д.А. Капошко. – С.-П. – Пушкин, 2007. – 19с.
10. Тюрева, А.А. Повышение долговечности плужных лемехов наплавочным армированием в условиях песчаных и супесчаных почв: автореферат. / А.А. Тюрева. – М.: 2008. – 19с.
11. Центр новостей ООН [Электронный ресурс] / Доклад ООН: «Численность мирового населения выросла на миллион человек». URL: http://www.un.org/russian/news/story.asp?NewsID=24171#.WL_Yf9SLTGg (последнее посещение 1.03.2017).
12. STABRYŁA J. Research on the degradation process of agricultural tools in soil. [Electronic resource]/ J. STABRYŁA // PROBLEMY EKSPLOATACJI. – 2007. - №4. – 223-232. – URL: http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-article-BAR0-0033-0043 (date of the application: 01.05.2017)
13. Hrabě P. Evaluation of techniques for ploughshare lifetime increase. [Electronic resource]/ P. Hrabě, M. Müller, V. Hadač // Research in Agricultural Engineering. – 2015.-T2, №61. - 72–79. – URL: http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/155246.pdf (date of the application: 01.05.2017)
14. Kováč I. Verification of the working life of a ploughshare renovated by surfacing and remelting in the operation. [Electronic resource]/ I. Kováč, N. Vanko, M. Vysočanská // Research in Agricultural Engineering. – 2014.- Special Issue, №60. - 98–103. – URL: http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/140602.pdf (date of the application: 01.05.2017)

MODERN METHODS OF HARDENING OF WORKING PARTS TILLAGE TOOLS

Kryukovskaya N.S., research assistant, postgraduate student
(Federal State Budget Scientific Institution
«Federal Scientific Agricultural Engineering Center VIM»,
Moscow, 8- (968) -658-12-23, robotchch@gmail.com)

Abstract. *The paper considers modern methods of hardening of working parts of agricultural instruments.*
Keywords: *abrasive wear, wear resistance, agricultural tools, hardening.*

Bibliography

1. Kapitonov, E.N. History of Agricultural Engineering in Russia: monograph / E.N. Kapitonov. - Tambov: GOU VPO TSTU, 2010. - 60 p.
2. Popov, N.A. Organization of agricultural production / N.A. Popov. - Moscow: Tandem, 2006. - 352 p.
3. Panov, I.M. Physical basis of soil mechanics: monograph / IM. Panov, V.I. Vetokhin. - Kiev: Phoenix, 2008. – 266p.
4. Dudnikov, A.A. Technological ways to improve the durability and resource of working organs of tillers / A.A. Dudnikov, A.I. Belovod, A.G. Pasyuta, A.A. Kelemsh, A.V. Gorbenko // Mashinovedenie i mashinostroenie.-2015.-№5, Vol. 1 - 4-7.
5. Semchuk, G.I. Analysis of ways to improve the durability of cultivator paws. / G.I. Semchuk, A.A. Dudnikov // The East-European Journal of Advanced Technologies.-2013.-No. 5, Vol.1 - 67-70.
6. Taranov, A.S. Strengthening of the working organs of agricultural machines by the method of surface plastic deformation in an alternating magnetic field. / A.S. Taranov // Achievements of science and technology in the agro-industrial complex. - 2009. - No. 1 - 57-59.

7. *Ivanaysky, V.V. Physicochemical and technological fundamentals of controlling the structure and properties of protective coating on the working organs of agricultural machinery: monograph / V.V. Ivanaysky. - Barnaul: AGAU, 2010. – 188p.*

8. *Biryukov, V.P. Changes in the structure and properties of steels during laser hardening. / V.P. Biryukov // Technological equipment and technologies. - 2012. - №3, Vol.33 - 22-26*

9. *Kaposzko, D.A. Thermo-hardening of the surface of plowshares by the method of step-by-step surfacing with the use of electrodes for welding carbon steels: atoreferat / D.A. Kaposzko. - S.-P. - Pushkin, 2007. – 19p.*

10. *Tyureva, A.A. Increase of durability of plowshares on surfacing reinforcement in conditions of sandy and sandy loamy soils: the author's abstract. / A.A. Tyurev. - Moscow: 2008. – 19p.*

11. *United Nations News Center [Electronic resource] / UN report: «The world population has grown by a million people.» URL: http://www.un.org/russian/news/story.asp?NewsID=24171#.WL_Yf9SLTGg (last visit 1.03.2017).*

12. *STABRYŁA J. Research on the degradation process of agricultural tools in soil. [Electronic resource] / J. STABRYŁA // PROBLEMY EKSPLOATACJI. – 2007. - №4. – 223-232. – URL: http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-article-BAR0-0033-0043 (date of the application: 01.05.2017)*

13. *Hrabě P. Evaluation of techniques for ploughshare lifetime increase. [Electronic resource]/ P. Hrabě, M. Müller, V. Hadač // Research in Agricultural Engineering. – 2015.-T2, №61. - 72–79. – URL: http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/155246.pdf (date of the application: 01.05.2017)*

14. *Kováč I. Verification of the working life of a ploughshare renovated by surfacing and remelting in the operation. [Electronic resource]/ I. Kováč, N. Vanko, M. Vysočanská // Research in Agricultural Engineering. – 2014.- Special Issue, №60. - 98–103. – URL: http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/140602.pdf (date of the application: 01.05.2017)*

УДК 629.3.014:005.934.4; 629.3.014.2018.2

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ КОНТРОЛЕПРИГОДНОСТИ И ПРИСПОСОБЛЕННОСТИ К ДИАГНОСТИРОВАНИЮ КПП ТРАКТОРОВ КИРОВЕЦ

Петрищев Н.А., зав. лаб. №13.1, к.т.н.,
Данков А.А., научн. сотр. лаб. №13.1,
Макаркин И.М. научн. сотр. лаб. №13.1,
Саяпин А.С, научн. сотр. лаб. №13.1,
Тришин А.А. научн. сотр. лаб. №13.1
(ФБГНУ «Федеральный научный агроинженерый центр ВИМ», г. Москва, +7916440-83-83, E-mail: petrich1@yandex.ru)

Аннотация. *В статье представлены предложения по совершенствованию контролепригодности и приспособленности к проведению диагностирования коробок перемены передач тракторов Кировец, результаты исследований по дооснащения стенда для обкатки коробок перемены передач КИ-28340 Стенд используется для выходного контроля в условиях завода-производителя АО «Петербургский тракторный завод», а также на участках ремонта сервисных мастерских официальных дилеров при осуществлении выходного контроля качества ремонта.*

Ключевые слова: *приспособленность к диагностированию, контролепригодность, коробка перемены передач, обкатка, качество ремонта, контрольно-диагностическое оборудование.*

Как известно, для получения объективной информации о техническом состоянии узлов и агрегатов техники, определяющих ресурс при эксплуатации, необходимо при их техническом обслуживании (ТО) проводить операции диагностирования, а в некоторых случаях углубленного диагностирования [1, 2].

Применение методов и средств технического диагностирования дает определенную экономическую выгоду, заключающуюся в увеличении наработки на сложный отказ, минимизацию сверхнормативных затрат на поддержание тракторов и самоходных машин в работоспособном состоянии. Коробки перемены передач (КПП) трактора Кировец обладают особенностями конструктивного расположения и функционирования, и надежность их работы оказывает существенное влияние на эффективность работы трактора, поэтому требуются тщательный подход к получению достоверных данных о техническом состоянии в период эксплуатации.

Для постановки объективного диагноза необходимо обеспечить получение оператором (диагностом) оптимального объема данных. При этом минимизацию затрат времени на проверку может обеспечить только заложенная при конструировании и изготовлении на заводе-производителе контролепригодность и приспособленность агрегатов к диагностированию. КПП трактора Кировец (К-744Р) является агрегатом, для которого необходимо, по нашему мнению, при дальнейшем совершенствовании конструк-

ции, обеспечить возможность оценки оператором (диагностом) общего текущего технического состояния, а также и углубленного диагностирования при проведении ТО гидравлической системы управления передачами.

В настоящее время оператор на панели приборов может контролировать только два параметра: значение давление в механизме переключении передач (МПП) и открытие перепускного клапана фильтра лампой-сигнализатором, однако данные значения не могут в полной мере характеризовать функциональную работоспособность, что приводит к рискам появления отказов при дальнейшей эксплуатации.

С внедрением на новых тракторах Кировец новой панели оператора и установкой в качестве первичного преобразователя давления в КПП датчика ТКН 1.6-Т184 (производства НПП «Резонанс» [3]) взамен датчиков ММ-359, ММ-353 предлагается дополнительно устанавливать переключатель давлений (типа ПМ-6) или систему «ниппель-точка» (БРС малого диаметра) (рисунок 1) соединеняемые с каналами МПП, что проявляет контролировать значения давлений в механизме переключении передач на каждой передаче, гидроаккумуляторе. А при дальнейшем совершенствовании выше рассмотренной системы, заменить датчик ТКН 1.6-Т184 на другой, с рабочим давлением не менее 2,5 МПа и установить второй ПМ-6, что позволит расширить контроль давлений в следующих магистралях: перед и после фильтра, в механизме отбора мощности, тормозках-синхронизаторах, а также в системе смазки.

Рисунок 1 – Общий вид диагностической ниппель-точки

Для оценки значений переходных характеристик давлений параллельно с датчиками установить дополнительный разъем для подключения сигнального провода на плату АЦП, подсоединенную к переносному ПК; в итоге получаемые осциллограммы позволят визуализировать для последующей оценки, следующие диагностические данные: время восстановления давления в бустерах передач, давление начала зарядки гидроаккумулятора (рисунок 2), амплитудно-фазовые характеристик давления в насосе и др.

Следующим необходимым элементом является контроль температуры и уровня рабочей жидкости (масла) в процессе эксплуатации и диагностировании.

Так как в настоящее время в КПП трактора Кировец контроль уровня рабочей жидкости затруднен ввиду того, что оператору (диагносту) необходимо отворачивать контрольную пробку и визуально контролировать вытекающее масло, на это тратится дополнительное время при подготовительных работах и в условиях стесненности пространства проводится качественно не стабильно.

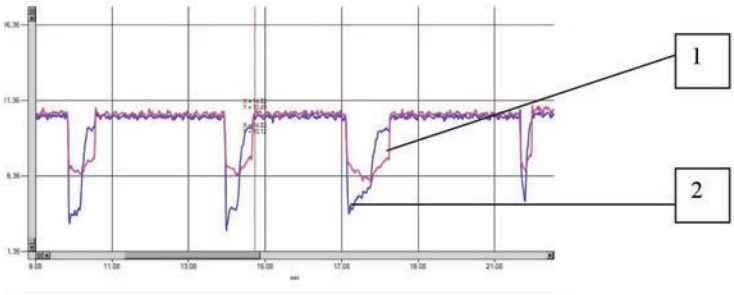


Рисунок 2 – Вид переходных (с экрана ПК) процессов при переключении передач
1- давление в гидроаккумуляторе;
2- давление в контрольной точке МПП

Предлагаемый вариант контроля минимально-допустимого уровня рабочей жидкости позволит оператору оценивать степень герметичности гидросистемы, проводить необходимые дополнительные регламентные работы, не доводя до аварийного состояния - снижения давления в системах управления (проскальзывания фрикционных дисков) и смазки КПП. Например, таким средством может служить производимый в РФ датчик аварийного уровня масла от двигателя ВАЗ 2108. Работа его осуществляется по однопроводной схеме, в качестве исполнительного механизма используется намагниченный поплавок, а при его перемещении замыкается геркон и включает светодиод-сигнализатор на панели оператора (рисунок 3). В дополнение можно установить щуп-маслоуказатель, оснащенный магнитом не только для контроля уровня, но и для удаления из гидросистемы системы при проведении ежедневного технического обслуживания (ЕТО) ферромагнитных частей износа (рисунок 4).

Рисунок 3 – Внешний вид датчика минимального уровня масла.

Рисунок 4 – Внешний вид магнитного щупа масла.

Текущий контроль рабочей температуры рабочей жидкости в процессе эксплуатации КПП на панели оператора обеспечивает возможность соблюдения условий для диагностирования и эксплуатации. Используемое

в качестве рабочей жидкости масло (М-10Г или М-8Г) имеет значительно изменяющуюся от температуры кинематическую вязкость, влияющую на коэффициент объемной подачи, особенно у неисправного, масляного насоса; на перепад давлений до и после фильтра, скорость перемещения поршня гидроаккумулятора. По динамике изменения температуры рабочей жидкости оператор может судить о наличии сверхнормативных механических и гидравлических потерь в гидравлической системе и кинематических соединениях, эффективности работы радиатора охлаждения КПП – соблюдении теплового баланса. Данную систему контроля, возможно реализовать с применением штатных систем ДВС, включая использование биметаллического включателя (для сигнализации аварийного нагрева масла в КПП на панели оператора).

Согласно данным ОАО «Амкодор» у гидромеханической передачи (ГМП) серии У35615 номинальная температура рабочей жидкости составляет 60…90 °С, а предельная 110 °С. При этом, производитель рекомендует перед началом движения произвести подогрев рабочей жидкости в ГМП до +40°С [4].

Для оценки усилия перемещения рейки МПП предлагается на рычаге переключения передач устанавливать под место крепления электронный динамометрический ключ (или датчик силы), позволяющий оценивать усилие на рукоятке рычага в диапазоне от 25 до 150 Нм. Это процедура позволит оперативно при проведении ТО выявлять неисправности, связанные с загрязнением и износами, вызывающими задержку при переключении скоростей; при этом в качестве номинального значений рекомендуется диапазон усилий от 30 до 60 Нм.

На рисунке 5 изображен процесс сбора параметров на переходных режимах работы КПП с использованием аналого-цифрового преобразователя (АЦП) Е14-140М (производства компании Л-кард) с ПК с применение стенда КИ-28340 при обкатке коробок перемены передач в стационарных условиях с использованием штатных и дополнительных датчиков. Для оценки быстродействующих процессов помимо штатных показывающих устройств были на рычаг переключения передач установлены датчик силы, а в магистраль гидроаккумулятора датчик давления.

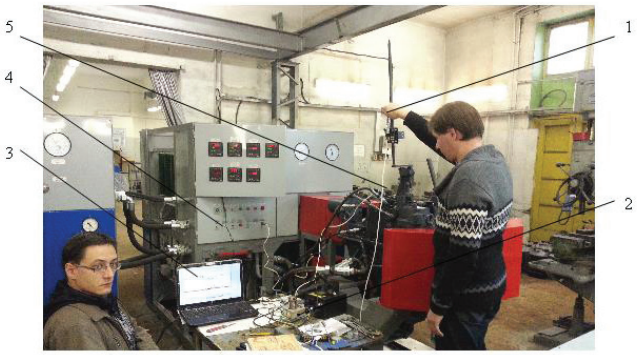


Рисунок 5 – Общий вид процесса сбора параметров при переключении передач
1 – датчик силы; 2 – АЦП; 3 – ПК; 4 – кабель датчика силы; 5 – датчики давления в гидроаккумуляторе, механизме переключения передач

Исходя из данных, полученных при обкатке КПП К-744Р с использованием стенда КИ-28340 [5], АЦП, дополнительных датчиков могут быть определены дополнительные диагностические параметры с учетом требований завода-изготовителя и ТК 70.0001.071-85:

- давление в передачах (МПП);
- давление в гидроаккумуляторе;
- давление в системе смазки;
- давление перед фильтром КПП;
- температура масла в КПП;
- усилие перемещения рычага переключения передач;
- частота вращения ведущего вала;
- частота вращения раздаточного вала;
- производительность насоса;
- усилие на переключении рычага передачи;
- крутящий момент и потребляемая мощность на приводном валу электродвигателя стенда.

Опыты показали, что наиболее информативным способом проверки технического состояния КПП является оценка переходных процессов (времени восстановления давления) переключения передач, гидротрансформатора, который может осуществляться как в стационарных, так в полевых условиях при техническом обслуживании, однако данный параметр требует дополнительного изучения из-за отсутствия данных по номинальным, допускаемым и предельным значениям, а также условий проведения процедуры контроля.

При дальнейшем совершенствовании конструкции КПП необходимо провести адаптацию агрегатов и систем отображения параметров работы на панель оператора для повышения контролепригодности и приспособленности при проведении входного контроля качества ремонта и диагностирования при техническом обслуживании условиях рядовой эксплуатации, что по нашему мнению, только повысит эксплуатационную надежность трактора в целом.

Литература

1. *Черноиванов В.И., Бледных В.В., Северный А.Э. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве: Учебное пособие/ Под. ред. Черноиванова В.И. – Москва-Челябинск: ГОСНИТИ, ЧГАУ, 2003.-992с*
2. *Присс В.И., Костюченко Э.В. Диагностирование гидроприводов тракторов и комбайнов. – Минск: Урожай, 1989, -235 с.*
3. *Датчик давления [Электронный ресурс] URL: http://www.rez.ru/catalog/sensors/pressure/tkn/ (Дата обращения 01.11.2016)*
4. *Гидромеханические передачи серии У35615[Электронный ресурс] URL: http://www.amkodor-nn.ru/assets/files/gmkp/GMP_U35615.pdf (Дата обращения 01.11.2016)*
5. *Филиппова Е.М., Данков А.А., Петрищев Н.А, Саяпин А.С, Тришин А.А. Совершенствование системы контроля качества ремонта агрегатов КПП тракторов «Кировец» //Сельский механизатор.2016.№ 6. С34-35.*
6. *Тракторы К-700А, К-701: руководство по текущему ремонту РТ 70.0001.059-84. – М.: ГОСНИТИ, 1985. – 104 с.*

SUGGESTIONS FOR IMPROVING THE TESTABILITY AND ADAPTABILITY TO THE DIAGNOSIS BOXES CHANGE GEAR TRACTOR KIROVETS

Petrishchev N.A. head. lab. No. 13.1, Ph. D.,
Dankov A. ., scientific. et al. lab. No. 13.1,
Makarkin I. . research. et al. lab. No. 13.1,
Sayapin A., scientific. et al. lab. No. 13.1,
Trishin, A. ., scientific. et al. lab. No. 13.1
(FGNU «Federal scientific center agroinzhenernyj VIM»,
Moscow, +7916440-83-83, E-mail: petrich1@yandex.ru)

Abstract. *The article presents suggestions for improving the testability and adaptability of the tractor Kirovets' transmission diagnostics, the results of studies on the modernization of the stand for testing the transmission KEY 28340. The stand is used for output control in the conditions of the manufacturer «Petersburg tractor plant», and also at sites of repair service workshops of authorized dealers during the implementation of the output control repair quality.*

Keywords: *suited to the diagnosis, testability, gear shift, run-in, the quality of the repair, test and diagnostic equipment.*

Literature

1. Chernoivanov V. I., V. V. Pale, North A. E. maintenance and repair of machines in agriculture: textbook/ Under. ed Chernoivanov V. I. – Moscow-Chelyabinsk: GOSNITI, Chau, 2003.-992p

2. Priss V. I., Kostyuchenko E. V. Diagnostics of hydraulic drives of tractors and combines. – Minsk: Harvest, 1989, p. -235

3. Pressure sensor [Electronic resource] URL: http://www.rez.ru/catalog/sensors/pressure/tkn/ (accessed 01.11.2016)

4. Hydromechanical transmission series У35615[Electronic resource] URL: http://www.amkodor-nn.ru/assets/files/gmkp/GMP_U35615.pdf (accessed 01.11.2016)

5. Filippova E. M., Dankov A. A., Petrishchev N. And, Sayapin A., Trishin A. improving the system of quality control of repair units CAT tractors «Kirovets» //Rural machine operator.2016. n 6. p34-35.

6. Tractors K-700A, K-701: a guide to current repair RT 70.0001.059-84. – M.: GOSNITI, 1985. – 104 p.

УДК 65.01; 658.562

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ОСНОВЕ ПЕРВИЧНЫХ ЯЧЕЕК

А. З. Аксенов руководитель Рязанского отделения
В.А. Фатькин, канд. техн. наук, доцент
тел. (4912) 44-76-08 e-mail: axalex77@yandex.ru
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ.

Аннотация. *В статье рассматриваются вопросы построения систем технического обслуживания на основе ячеек. Сформулированы этапы построения ячейки и принципы формирования структур на основе ячеек.*

Ключевые слова: *ячейка, процесс, информационные технологии, процессный подход*

При возрастающей ориентации предприятий на потребителей совершенствование принципов технического обслуживания (ТО) основано в первую очередь на совершенствовании структуры подразделений занимающихся профилактическим обслуживанием и ремонтом техники. Постоянное адаптация к окружающей среде и наращивание имеющегося потенциала предприятия возможно на основе принципов и методов организации производства, как малозатратного ресурса. Для совершенствования функционирования предприятия предлагалось построение организационной структуры на основе ячеек [1], но усложнение техники делает необходимым своевременное и качественное проведение регламентных работ и ремонта, поэтому целесообразно применение данного метода и на этапе эксплуатации.

Ячейка это первичная единица, представляющая собой сочетание во времени и в пространстве законченных элементов процесса ТО при соответствующем уровне его интеграции выраженное системой устойчивых связей. Ячейка при этом определяется как группа, выполняющая ряд постоянных заданий и преобразующая её входы и выходы. Ячейкой, например, может быть один человек, бригада или участок.

В ячейку при организации технического обслуживания входят следующие объекты и субъекты предприятия:

- персонал;
- эксплуатируемая продукция;
- технологическое оборудование для диагностики;
- средства метрологического обеспечения;
- техническая документация;
- инструмент;
- средства информационного обеспечения.

Не изменяя коренным образом существующие производственно - технологические схемы построения можно на основе ячеистой структуры получить эффект использующий новые принципы и методы, что позволит устранить возникающие несоответствия. Более рациональный путь функционирования рабочих ячеек — дать свободу выбора сотрудникам, вовлечённым в отдельные сегменты бизнес-процесса, создать рабочую ячейку.

Такая ячейка всегда будет иметь поставщиков и потребителей, доставку и получение, вход и выход.

Принципы формирования и использования структуры на основе ячеек при проведении ТО и ремонта сводятся к следующему:

- исполнители самостоятельно принимают решения;
- ответственный исполнитель является единственной точкой контакта;
- работы выполняют там, где их целесообразно производить;
- этапы процесса выполняются в естественном порядке;
- возможны различные версии реализации процессов;
- профилактичность при выполнении и организации работ;
- снижение доли работ по контролю и проверке и снижению затрат на контроль;
- минимизация согласований при принятии решений;
- сочетание принципов централизации и децентрализации при организации работ;
- разработка системы на основе экономической целесообразности и инженерных знаний.

Для того чтобы провести перестройку функционирования с переходом на создание ячеистой структуры, необходимо рассматривать предприятие как сложную систему, которая представляет собой связанное множество процессов, включая процессы и в сфере эксплуатации и взаимодействия с эксплуатирующими предприятиями [2].

Преобладание на предприятии процессного подхода существенно меняет логику функционирования и механизм её управления. Процессы «разрезают» организацию поперёк, пересекая границы функциональных подразделений, обеспечивает разрушение барьеров между подразделениями и снятие ограничений для совершенствования. Управление процессами на основе ячеистой структуры освобождает высшее руководство от оперативного управления, позволяя ему сосредоточиться на стратегических вопросах, передавая часть функций управления ячейкам. Это способствует повышению синергетики процессов, и приводит к тому, что результаты одного процесса способствуют улучшению результатов другого.

Между элементами организационной структуры предприятия существует информационный обмен, что позволяет организовывать функционирование организации как единого целого на базе информационных технологий, но для этого также целесообразно создание в организации первичных элементов – ячеек [3]. При организации информационного обмена и наделении ячеек определённой самостоятельностью повысится эффективность и результативность работы.

Ячейка содержит жёсткие и мягкие звенья. Жёсткие звенья: законодательные акты, нормативные и технические документы (НД и ТД), стандарты. Мягкие звенья это создаваемые процессы технического обслуживания. Объединение жёстких и мягких звеньев на основе процессного подхода придаёт гибкость и динамичность предприятию построенного на основе ячеек. В отличие от существующей практики раздельного проек-тирования производственных процессов и технического обслуживания требуется увязать эти частные процессы в единый.

Применение ячейки преследует следующие цели:

во-первых, это позволяет определить по¬требности и пожелания различ-

ных заинтересованных сторон и устанавливается взаимопонимание между сформированной ячейкой её поставщиками и потребителями;

во-вторых, это поможет ввести показатели, которые используются для мониторинга уровня качества на входе и на выходе ячейки, что повышает качество работ при проведении ТО;

в третьих мы улучшаем структуру предприятия и совершенствуем процессы на предприятии и в эксплуатации.

Ячейка определяет качество системы. Рассматривая «организационное здоровье» каждого элемента необходимо обеспечить «качество жизни» и установить требования к качеству каждого компонента процесса. Если ячейка - отвечает установленным требованиям к качеству, то производство обеспечивает конкурентоспособность продукции.

К основным категориям процессов на основе ячеистой структуры относятся:

- процессы, непосредственно обеспечивающие ТО продукции;
- ресурсные процессы, которые обеспечивают доставку ресурсов в точку непосредственного выполнения задания;
- процессы преобразования, которые являются вспомогательными, когда необходимо достичь целевых действий путем изменения существующих технологий.

Применение ячеистой структуры и процессного подхода даёт следующие преимущества:

- концентрация на прибавлении стоимости;
- усиленная ориентация на результаты;
- повышение экономичности процесса;
- новые стимулы для действий по улучшению;
- более сильное вовлечение людей и команд в процессы.

Для эффективного функционирования ячейки можно предложить следующие этапы её построения и анализа функционирования:

1. Создание ячейки. Если созданная ячейка не может чётко определить вход, что она получает, а также — выход, что она поставляет, ячейку надо перестроить или ликвидировать.

2. Анализ работы ячейки следует начинать со стороны предприятия - потребителя, так как на основании его запросов, Ячейки, занятые ТО, обычно имеют несколько потребителей.

3. Определение требований, определяющих набор выходов ячейки. Особое внимание следует уделять базовым требованиям, так как они, как правило, оговорены в техническом задании, и установить нечёткие требования.

4. Анализ входа. После завершения фиксирования потребителей выхода ячейки надо зафиксировать поставщиков и вход.

5. Определение поставщиков на входе ячейки.

6. Определение процессов, которые выполняются в ячейке для преобразования входов в выходы.

7. Установить показатели для процессов в ячейке необходимо, чтобы дать возможность осуществлять мониторинг совершенствования удовлетворённости потребителя. Число показателей, должно быть минимально.

8. Выработка предложений по улучшению и внедрению на основе анализа требований к входам и выходам и непрерывном мониторинге процессов протекающих в ячейке.

Реализация такого подхода подобна применению принципов бережливого производства и приводит к изменению взгляда на ТО, позволяет устранить работы, которые повышают затраты.

Построение системы ТО на основе ячеек – это проектирование процессов для достижения улучшений в деятельности предприятия, уменьшения себестоимости и совершенствования сервисных работ. При интеграции ячеек предприятие получит дополнительные преимущества, а применение знаний, опыта, средств и технологий в процессе реализации проекта на основе ячеек с использованием процессного подхода и информационных технологий будет способствовать удовлетворению требований заказчика и сбалансированности между: объёмом работ, временем, стоимостью и качеством.

Список использованных источников

1. Фатькин В. А. Построение производственной системы на основе первичных ячеек «Организатор производства»: теоретич. и науч.-практ. журнал №3(50) Воронеж, 2011.- ISSN: 1810-4894

2. Фатькин В.А. Об организационном совершенствовании на основе процессного подхода/Методическое обеспечение подготовки и выполнения проектов, предназначенных для международного технологического сотрудничества-2009. Всероссийская конференция с элементами научной школы: Материалы конференции Москва, 2009г. ISBN 978-5-7256-1 2.

3. Фатькин В. А. Совершенствование организационной среды предприятия на основе информационного обеспечения и принципов TQM «Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета» Научно-технический журнал №2 (Выпуск 32) Рязань, 2010г. ISSN: 1995-4565

THE BUILDING OF MAINTENANCE SYSTEM ON THE BASIS OF PRIMARY CELLS

Z. A Aksenov head Ryazan branch of FSAC VIM.
Fatkin V. A., Cand. tech. Sciences, associate professor
tel: (4912) 44-76-08 e-mail: axalex77@yandex.ru

***Summary**. The article deals with the construction of maintenance systems based on cells. Stages of construction of a cell and principles of formation of structures based on cells are formulated.*

***Keywords**: a cell, process, information technologies, process approach*

LITERATURE

1. Fatkin V. A. The construction of production systems on the basis of primary cells «Organizer of production»: teoretic. and scient.-pract. journal No. 3(50) Voronezh, 2011.- ISSN: 1810-4894

2. Fatkin V. A. About organizational improvement of the based on process approach/ Methodical support of preparation and implementation of projects intended for international technological cooperation-2009. All-Russian conference with elements of scientific school: Materials of conference Moscow, 2009. ISBN 978-5-7256-1 2.

3. Fatkin V. A. Improvement of the institutional environment of the enterprise on the basis of the information assurance and TQM principles «Bulletin of the Ryazan state radio engineering University» Scientific-technical journal №2 (Issue 32) Ryazan, 2010. ISSN: 1995-4565

УДК 519.873, 621.793.74

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ НА СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ

С.Ю. Жачкин, доктор технических наук, профессор
(ФГБОУ ВО«Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, тел. 89081499632, e-mail: zhach@list.ru)
М.Н. Краснова, кандидат технических наук, доцент
(ФГБОУ ВО«Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, тел. 89601038886, e-mail: kafedra-ao@mail.ru)
Н.А. Пеньков, кандидат технических наук
(Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж, тел. 89507682407, e-mail: myth_np_nikit@mail.ru)
Г.И. Трифонов, соискатель
(ФГБОУ ВО«Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, тел. 89155488241, e-mail: grishakip@yandex.ru)

Аннотация*: в данной статье произведен анализ систем управления качества плазменных покрытий, а также существующих на сегодняшний день актуальных математических моделей, которые описывают технологические процессы плазменного напыления. Основываясь на технологии изготовления шнеков, а также на их геометрическую схему, представленную в виде развертки винтовых линий и схематичном изображении габаритных параметров, были составлены необходимые уравнения для поверхности напыления. Опираясь на приведенные ранее смоделированные математические аспекты плазменного напыления, были разработаны математические модели кинематических режимов, что позволит в перспективе создать программу для систем управления кинематикой процесса напыления винтовых деталей со сложнопрофильной поверхностью. Разработанная математическая модель дает возможность её использования в практических технологических задачах. Возможные погрешности модели, ввиду ее простоты, могут быть учтены поправочными коэффициентами.*

Ключевые слова: *плазменное напыление, математическая модель, уравнение, распылитель, пятно напыления, поверхность, деталь, шнек.*

Цель исследования. В настоящее время возможности вычислительных комплексов позволяют использовать математическое моделирование в качестве основного методологического подхода при решении технологических задач [1].

Следовательно, в методологическом плане при разработке технологии плазменного напыления можно выделить специфические проблемы, характеризующие конкретную деталь и её функциональный слой. В частности, появляется необходимость моделирования математической модели кинематических режимов плазменного напыления для сложнопрофильной поверхности детали.

Данная работа посвящена актуальной проблеме моделированию математической модели кинематических режимов технологии плазменного напыления для винтовой поверхности детали-представителя – шнека.

Методика. При механической обработке деталей основное условие обеспечения качества заключается в позиционировании рабочего инструмента относительно обрабатываемой поверхности. При плазменном же напылении важным фактором является точность задания скоростей перемещения плазматрона относительно напыляемой поверхности. Это связано с тем, что время напыления единицы площади поверхности, а, следовательно, и толщина слоя нанесенного покрытия зависят от скорости перемещения распылителя.

В работе [2] смоделированы условия обеспечения заданной толщины и шага волнистости покрытия в виде системы уравнений:

$$v = \sqrt{(\frac{d\rho}{dt})^2 + \rho^2(\frac{d\varphi}{dt})^2 + (\frac{dz}{dt})^2}$$

$$z = \frac{\varphi\beta}{\sqrt{1 + (\sin\varphi\frac{d\rho}{dz} + \rho\cos\varphi\frac{d\varphi}{dz})^2}} \qquad (1)$$

$$\rho = \rho(\varphi, z)$$

где v – скорость перемещения распылителя относительно напыляемой поверхности, ρ, φ, z – цилиндрические координаты, β – шаг спирали траектории перемещения центра пятна напыления по поверхности.

Первое уравнение системы (1) определяет скорость перемещения плазматрона, второе – перемещение центра пятна напыления по напыляемой поверхности, а третье – уравнение напыляемой поверхности.

Так, при плазменном напылении деталей в форме диска траектория центра пятна имеет вид спирали Архимеда, которая изображена на рисунке 1.

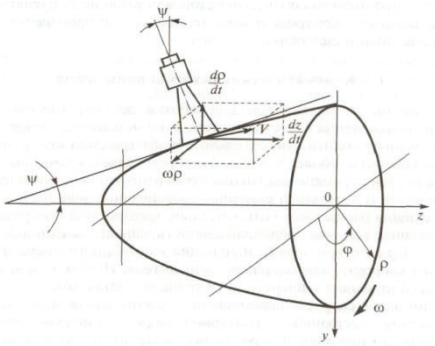


Рисунок 1. Схема напыления детали, имеющей форму тела вращения

Для определения кинематических режимов напыления винтовой поверхности шнека необходимо: произвести математическое моделирование уравнения винтовой поверхности шнека, которая будет подвергаться напылению, а также оптимизировать систему уравнений (1) для напыляемой поверхности.

Опираясь на описание и технологию изготовления шнеков, а также на геометрическую схему шнека в виде развертки винтовой линии и схематичное

изображение габаритных параметров шнека на рисунке 2, выведем необходимые уравнения для выражения поверхности напыления.

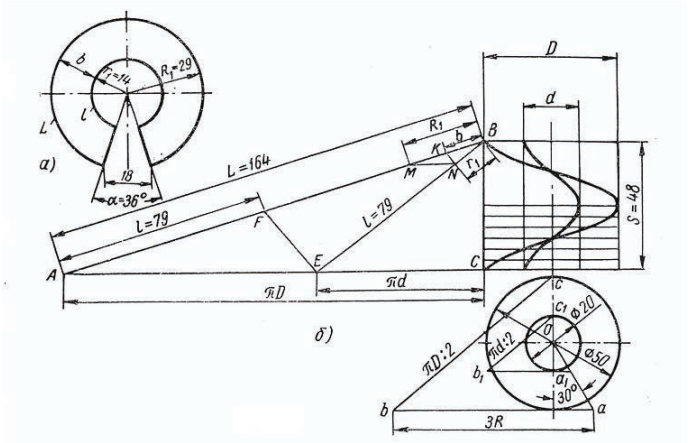


Рисунок 2. Приближенная развертка витка шнека

Поскольку винтовые линии развертываются в две концентрические дуги при одинаковом центральном угле, то такие дуги относятся друг к другу как радиусы, следовательно [3]:

$$\frac{r_1}{R_1} = \frac{c}{C}$$

$$r_1 = \frac{ac}{C - c} \qquad (2)$$

$$R_1 = r_1 + a$$

где r_1 и R_1 – радиусы дуг, c – длина витка внутренней винтовой линии, C – длина витка внешней винтовой линии, a – ширина винтовой поверхности.

Учитывая уравнение угла выреза $\alpha = \frac{C - c}{R_1 - r_1}$ [4] и ширину винтовой поверхности a, выводим упрощенное уравнение поверхности напыления шнека:

$$T_{нап.} = a - \Delta = \frac{C - c}{\alpha} - \Delta \qquad (3)$$

где Δ – значение ширины винтовой поверхности, не подвергающееся напылению.

При этом $C = \sqrt{h^2 + (\pi D)^2}$ и следует учесть, что винтовая поверхность шнека имеет крутизну подъема, которую можно определить с помощью развертки витка цилиндрической поверхности линии, которая изображена на рисунке 3.

$$tg\varphi_1 = \frac{h}{\pi D} \qquad (4)$$

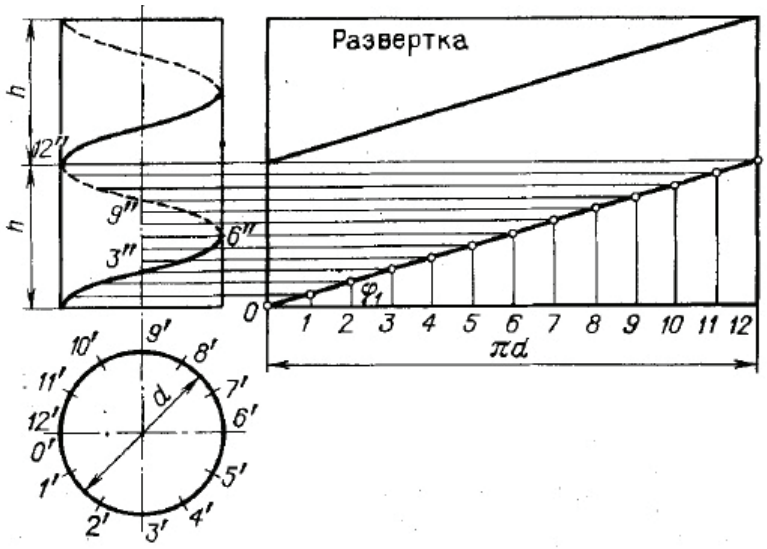


Рисунок 3. Развертка витка цилиндрической поверхности линии

Произведем преобразование системы уравнений (1), подставив уравнение образующей поверхности напыления шнека (3) в приведенные математические зависимости. При этом учтем, что шнек относится к деталям типа вращения и напыляемую поверхность возможно получить вращением образующей вокруг оси

$$v = \sqrt{(a-\Delta)^2(\frac{d\varphi}{dt})^2 + (\frac{dz}{dt})^2}$$
$$z = \frac{\varphi\beta}{\sqrt{1+(a-\Delta)^2}} \qquad (5)$$
$$\rho = h = a - \Delta$$

Осуществим преобразования:

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{d\varphi}{dz} \times \frac{dz}{dt} = \frac{1}{\beta} \times \frac{dz}{dt} \qquad (6)$$

Подставив второе уравнение системы (5) в формулу, получаем:

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{\sqrt{1+(a-\Delta)^2}}{\beta}\frac{dz}{dt} \qquad (7)$$

Используя преобразование (7), решаем уравнение скорости перемещения распылителя v для нашей поверхности:

$$v = \sqrt{(a-\Delta)^2(\frac{\sqrt{1+(a-\Delta)^2}}{\beta})^2 \times (\frac{dz}{dt})^2 + (\frac{dz}{dt})^2} =$$
$$= \sqrt{\frac{(a-\Delta)^2 + (a-\Delta)^4}{\beta^2} + 1} \times \frac{dz}{dt} \qquad (8)$$

Решая систему уравнений (5) относительно координаты z, получаем:

$$\frac{dz}{dt} = \frac{\beta v}{\sqrt{(a-\Delta)^4 + (a-\Delta)^2 + \beta^2}} \qquad (9)$$

Аналогично решаем систему уравнений (5) относительно координаты φ, получаем:

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{v\sqrt{1+(a-\Delta)^2}}{\sqrt{(a-\Delta)^4+(a-\Delta)^2+\beta^2}} \qquad (10)$$

Результаты и обсуждения. Решая уравнения (9) и (10) относительно уравнения поверхности напыления шнека (3) , при этом учитывая уравнение длины одного оборота витка C и уравнение крутизны подъема винтовой линии (4) , получаем итоговую систему уравнений скорости вращения детали и продольной скорости перемещения распылителя:

$$\frac{dz}{dt} = \frac{\beta v}{\sqrt{(\frac{\sqrt{h^2(1+ctg\varphi_1)-c}}{\alpha}-\Delta)^4+(\frac{\sqrt{h^2(1+ctg\varphi_1)-c}}{\alpha}-\Delta)^2+\beta^2}}$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{v\sqrt{1+(a-\Delta)^2}}{\sqrt{(\frac{\sqrt{h^2(1+ctg\varphi_1)-c}}{\alpha}-\Delta)^4+(\frac{\sqrt{h^2(1+ctg\varphi_1)-c}}{\alpha}-\Delta)^2+\beta^2}} \qquad (11)$$

Причем при подстановке числовых данных в приведенную систему уравнений (11) стоит учитывать, что угол выреза шнека α коррелируется с уравнением $\alpha_0 = 57{,}3\times(2\pi-\alpha)$ (град), которое при подстановки в систему уравнений (11) приводит её к виду:

$$\frac{dz}{dt} = \frac{\beta v}{\sqrt{(\frac{\sqrt{h^2(1+ctg\varphi_1)-c}}{57{,}3\times(2\pi-\alpha)}-\Delta)^4+(\frac{\sqrt{h^2(1+ctg\varphi_1)-c}}{57{,}3\times(2\pi-\alpha)}-\Delta)^2+\beta^2}}$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{v\sqrt{1+(a-\Delta)^2}}{\sqrt{(\frac{\sqrt{h^2(1+ctg\varphi_1)-c}}{57{,}3\times(2\pi-\alpha)}-\Delta)^4+(\frac{\sqrt{h^2(1+ctg\varphi_1)-c}}{57{,}3\times(2\pi-\alpha)}-\Delta)^2+\beta^2}} \qquad (12)$$

Приведенные зависимости можно использовать при отработке процесса нанесения плазменного напыления на автоматических установках при напылении винтовых деталей со сложной произвольной образующей.

Смоделированная оптимизация математической модели, дополненная алгоритмом уравнения поверхностей детали, элементарно реализуется в простейших программах. Модель позволяет просчитать кинематические составляющие процесса плазменного напыления, что дает возможность её использования в практических технологических задачах.

Выводы. Основываясь на уравнениях геометрической составляющей винтовых деталей и их габаритных размерах, было получено уравнение поверхности напыления сложнопрофильной поверхности, в частности поверхности шнека.

Опираясь на приведенные ранее зависимости кинематических режимов плазменного напыления, были получены математические модели кинемати-

ческих режимов, что позволило создать программу для систем управления кинематикой процесса напыления винтовых деталей со сложной произвольной образующей.

Литература

1. Жачкин С.Ю. Математическое моделирование технологии плазменного напыления / Г.И. Трифонов // VI международная научно-практическая электронная конференция «Современные научные исследования: актуальные теории и концепции. Выпуск 6» Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2017. – Т. 2 – С. 342-346. – URL: http://e-concept.ru/2017/570701.htm.

2. Пузряков А.Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления // Учеб. Пособие по курсу «Технология конструкций из металлокомпозитов». 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Е. Баумана, 2008. – 360 с.

3. Григорьев А.М. Винтовые конвейеры // М.: Машиностроение, 1972. – 184 с.

4. Гевко Б.М. Технология изготовления спиралей шнеков // М. – Львов: Вища шк. Изд-во при Львов, ун-те, 1986. – 128 с.

SIMULATION OF KINEMATICS PLASMA SPRAYING ON THE FIGURINE'S SURFACE

S.Yu. Zhachkin, doctor of technical Sciences, professor
(Federal state budgetary educational institution of higher professional education "Voronezh state technical University",
Voronezh, tel. 89081499632, e-mail: zhach@list.ru)
M.N. Krasnova, candidate of technical sciences, associate professor
(Federal state budgetary educational institution of higher professional education "Voronezh state technical University",
Voronezh, tel. 89601038886, e-mail: kafedra-ao@mail.ru)
N.A. Penkov, candidate of technical sciences
(Military Educational Scientific Center Air Force "Air Force academy name of Professor N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin",
Voronezh, tel. 89507682407, e-mail: myth_np_nikit@mail.ru)
G.I. Trifonov, graduate student
(Federal state budgetary educational institution of higher professional education "Voronezh state technical University",
Voronezh, tel. 89155488241, e-mail: grishakip@yandex.ru)

Abstract*: this article features a detailed analysis of the quality management systems of plasma coatings as well as up-to-date mathematical models, which describe the processes of plasma spraying. Based on manufacturing technology of screws, as well as on their geometric scheme, presented in the form of a spiral scan lines and the schematic image of the dimensional parameters, the necessary equation for the surface spraying was drawn up. Also, based on the earlier modeled mathematical aspects of plasma spraying, a mathematical model of kinematic modes is developed, that will allow to create a program for control systems of kinematics of the spraying process of the screw parts with complex surface in the future. The developed mathematical model gives the possibility of its use in practical technological applications. Possible errors of the model, due to its simplicity,*

can be considered by correction factors. Thus, the obtained system of equations for the kinematic modes of plasma spraying has a solid mathematical basis.

***Keywords**: plasma spraying, a mathematical model, equation, sprayer, spot spray, surface, detail, auger.*

Literature

1. Zhackin S. Yu. Mathematical modeling of the plasma deposition process / G. I. Trifonov // VI international scientific and practical electronic conference "Modern scientific research: relevant theory and concepts. Issue 6" the Scientific-methodical electronic journal "Concept". – 2017. Vol. 2, P. 342-346. – URL: http://e-concept.ru/2017/570701.htm.

2. Puzriakov A. F. Theoretical bases of technology of plasma spraying // Proc. Manual for the course "Technology of structures made of metal composites". 2nd edition, revised and enlarged– M.: Publisher MGTU n. N. E. Bauman, 2008. – 360 p.

3. Grigoriev M. A. Screw conveyors // M.: Mechanical engineering, 1972. – 184.

4. Gevko B. M. Technology of production of spirals of the screws // M. – Lviv: highest SHK. Publishing house at Lviv University, 1986. – 128 p.

УДК 620.16, 631.31

УПРОЧНЯЮЩИЕ ПОКРЫТИЯ ПРИ СОВМЕСТНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТВЧ НАГРЕВА И СВС МЕТАЛЛУРГИИ

С.Л. Силяков, канд. техн. наук., с.н.с.,
ФГБУН Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения Российской академии наук,
г. Черноголовка, e-mail:ssl@ism.ac.ru.
В.Ф. Аулов. канд. техн. наук, в.н.с.,
ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ), г. Москва, e-mail: gosniti@mail.ru
В.И. Юхвид д-р техн. наук., зав. лабораторией,
ФГБУН Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения Российской академии наук, г. Черноголовка, e-mail:ssl@ism.ac.ru.

Аннотация. *Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) – одно из наиболее перспективных направлений для получения новых материалов, включая покрытия. Сам процесс представляет собой экзотермическую реакцию, в которой выделение тепла сконцентрировано в конкретной области детали. В данной статье рассматривается технологическая процедура получения новых износостойких покрытий, с использованием СВС-процесса с инициацией процесса нагревом детали токами высокой частоты (ТВЧ). Показаны преимущества в осуществлении наплавки при совместном использовании ТВЧ нагрева и экзотермической СВС смеси термитного типа.*

Ключевые слова: *ТВЧ-нагрев, СВС-процесс, ХТО, износостойкость, наплавка, твердость.*

К одному из простых и эффективных методов массового нанесения защитных покрытий и упрочнения поверхностных слоев стальных изделий относится индукционная наплавка. Процесс наплавки базируется на применении ТВЧ нагрева с использованием двух основных технологических схем: диффузионного насыщения поверхностных слоев активным в химическом отношении бором и наплавкой порошкообразных эвтектических сплавов [1, 2]. В результате многофакторного прямого и опосредованного процесса воздействия электромагнитного поля на металлическую подложку, флюс, исходную шихту синтезируются биметаллические изделия, у которых формируется слой, обладающий комплексом свойств: износостойкостью, кислотоупорностью, жаростойкостью и т.д. Методика нанесения слоев характеризуется простотой осуществления и скоротечностью процесса наплавки. Использование индукционной наплавки позволяет наносить покрытия на рабочие поверхности, как новых изделий, так и многократно восстанавливать изношенные детали механизмов, обеспечивая уменьшение расхода металла для изготовления запасных частей оборудования. Существенным недостатком индукционной наплавки является небольшой выбор синтези-

руемых на рабочей поверхности материалов из-за узкого ассортимента недорогих эвтектических наплавочных порошков.

Первые попытки по объединению процессов электромагнитного воздействия, СВС и элементов химико-термической обработки с использованием СВС предприняты в работах [3-5]. Исследования показали, что порошковые СВС составы термитного типа также «прозрачны» для электромагнитного поля, как и шихтовые материалы, используемые для классической индукционной наплавки. При этом, нагрев с последующим воспламенением СВС составов термитного типа идет в режиме теплового взрыва за счет теплопередачи от нагреваемой ТВЧ металлической подложки.

Целью настоящей работы является исследование возможности получения твердых износостойких покрытий на стальных поверхностях при нагреве их токами высокой частоты с применением экзотермических СВС смесей термитного типа. В машиностроении применение скоростного индукционного нагрева до температуры порядка 1180°С позволяет сократить процесс формирования покрытия Fe2B толщиной 0,4-0,6 мм до нескольких минут. Однако, проблема промышленного использования этого метода затруднена необходимостью замены существующих индукторов, используемых для закалки материалов (Т=800-900°С) на индукторы, обеспечивающие нагрев поверхности с шихтой до Т=1200°С. Для использования существующего оборудования необходимо разработать процесс, обеспечивающий протекание химической реакции и диффузии при температуре соответствующей закалке материалов. Это требует применения добавок в шихту, обеспечивающих экзотермическую реакцию после инициации процесса при 800°С для поднятия температуры поверхности до Т>1200°С. Предметом настоящих исследований является поиск шихтовых материалов и методических подходов, которые обеспечат процесс нанесения покрытий на детали машин при ТВЧ нагреве для увеличения их (деталей) износостойкости на оборудовании используемого для закалки.

Методика. В качестве исходных компонентов экзотермических СВС смесей для нанесения защитных покрытий или упрочнения поверхностных слоев стальных изделий использовали широкий круг оксидов металлов, неметаллов, восстановителей. Конечными продуктами их взаимодействия являются литые карбиды, бориды, силициды и сплавы на их основе.

Эксперименты по наплавке защитных покрытий на металлических подложках из стали 65Г осуществляли с использованием индукционной установки ВЧ40АВ с мощностью до 40 кВт и рабочей частотой генератора от 30 кГц до 80 кГц.

Для индукционной наплавки использовали плавленый флюс П-0,66. Высушенные исходные компоненты экзотермических смесей тщательно смешивали. Подготовленные смеси помещали на стальные образцы из пружинно-рессорной стали 65Г размером 48х30х4 мм поверх флюса. Вес исходных используемых составов составляла 4 г при насыпной плотности, как флюса, так и экзотермической смеси.

Химический состав синтезированных покрытий определяли рентгенофлюоресцентным методом химического анализа. Фазовый состав - методом рентгеновской дифрактометрии на установке ДРОН-3 с применением Fe К а- излучения. Для идентификации фазового состава продуктов синтеза был использован банк данных PowderDiffractionFile (PDF2). Комплексное

металлографическое исследование микроструктуры и свойств защитных покрытий, выполнено на микротвердомере «КМТ-1». Испытания с воспроизведением на них условий близких к условиям почвенного изнашивания проведены на установке ИМ-01.

Как показали эксперименты по горению СВС систем термитного типа в индукционном поле, процесс наплавки возможно осуществить в режиме высокотемпературного и низкотемпературного очагового восстановления оксидов (рис. 1а, 1б). В первом случае, после воспламенения экзотермической смеси формируется фронт горения, который распространяется по образцу.

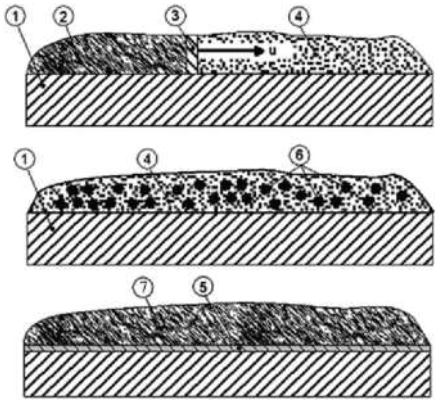


Рис. 1. Схемы синтеза твердого износостойкого защитного покрытия: а) режим высокотемпературного восстановления оксидов; б) режим низкотемпературного восстановления оксидов; в) - вид наплавки со шлаком (продукты синтеза); 1 - подложка из стали 65Г; 2 - конечные продукты синтеза; 3 - фронт горения; 4 - исходная экзотермическая СВС смесь термитного типа; 5 - синтезированный защитный твердый износостойкий слой; 6 - очаговое тление; 7 - шлак; и - скорость горения экзотермической СВС смеси термитного типа.

В этом случае, необходимым и достаточным условием синтеза защитного твердого износостойкого покрытия является воспламенение экзотермической СВС- шихты термитного типа в режиме теплового взрыва при температуре металлической подложки выше 850оС. При более низких температурах формирование покрытия не происходит. В условиях ТВЧ нагрева рабочие значения скорости горения экзотермических СВС составов термитного типа находятся в интервале 1,0-0,4см/с. После прохождения фронта горения по исходной экзотермической смеси расположенной на поверхности металлической подложки, под действием силы тяжести синтезированный жидкий сплав в виде капель выходит из шлаковой фазы на поверхность подложки, растекается и формирует совместно с приповерхностным слоем частично расплавленной стальной подложки твердое износостойкое покрытие (рис. 1в). Особенностью низкотемпературного режима синтеза (рис. 1б) твердого износостойкого покрытия является отсутствие процесса распространения горения в режиме волнового синтеза. В ходе синтеза на поверхности раскаленной экзотермической СВС смеси термитного типа фиксируются кратковременные локальные очаговые области горения, где интенсивность свечения значительно выше общего фона разогретой поверхности шихты. По мере прогрева шихты наблюдается преимущественное послойное распро-

странение очагов горения от нагретой стальной подложки к верхнему слою шихты. Как при высокотемпературном, так и при низкотемпературном режиме отслоение оксидного слоя от синтезированного твердого износостойкого покрытия наступает во время закалки наплавленного образца в воду.

Примерами экзотермических СВС смесей термитного типа для нанесения покрытий могут служить следующие составы: $FeO/B_2O_3/Si$, $Cr_2O_3/B_2O_3/Si$, $Cr_2O_3/TiO_2/NiO/SiO_2/C/Al$. Синтез покрытий из этих составов осуществлен с применением методов кремнетермического низкотемпературного восстановления и алюмотермического высокотемпературного восстановления оксидов металлов. В ходе синтеза получены покрытия с толщиной наплавленного слоя 100-900 мкм. Покрытие характеризуется наличием выраженной границы раздела с основным металлом. Сама же граница раздела имеет сглаженный вид, вызванный частичным подплавлением стальной подложки посредством интенсивного нагрева токами высокой частоты и непосредственно теплом от горения экзотермической СВС смеси термитного типа.

Результаты. Рентгенофазовым анализом установлено, что фазовый состав покрытия при использовании СВС смеси термитного типа $FeO/B_2O_3/Si$ формируется на базе фазы Fe_2B и железной связки. Фазовый состав твердого сплава покрытия наплавленного с применением смеси $Cr_2O_3/B_2O_3/Si$, состоит из двух основных фаз Fe_2B, CrB_2 и связки на основе $CrFe_4$. Наиболее сложным в фазовом отношении является материал покрытия из СВС смеси $Cr_2O_3/TiO_2/NiO/SiO_2/C/Al$. Углеродосодержащие фазовые составляющие представлены фазами FeC, $Cr_2Fe_{14}C$, $Cr_{23}C$. Связка образована раствором хрома и титана в железе ($CrFe_4$, Fe9Ti0,3).

Измерение микротвердости в поперечном сечении наплавок для трех СВС смесей термитного типа показали, что у наплавленных слоев она превосходит микротвердость материала подложки из стали 65Г и максимальна по мере приближения к наплавленному краю образцов. Для оценки работоспособности в условиях, близких к условиям эксплуатации изделий были проведены исследования по определению износостойкости полученных образцов наплавок из СВС смесей термитного типа. Было показано, что предложенный способ упрочнения позволяет повысить износостойкость полученных образцов по сравнению с закаленной сталью 65Г в 2,5-3,5 раза.

Совместное применение ТВЧ нагрева и экзотермической смеси $FeO/B_2O_3/Si$ в качестве основной составляющей наплавочной композиции обеспечивает синтез покрытия аналогичное диффузионному насыщению, используемому в классическом методе индукционной наплавки.

Выводы. Существенным преимуществом в осуществлении наплавки при совместном использовании ТВЧ нагрева и экзотермической СВС смеси термитного типа имеет подход с применением высокотемпературного восстановления оксидов. В этом случае процесс наплавки осуществляется в режиме горения. Совмещение ТВЧ нагрева и режима высокотемпературного восстановления оксидов обеспечивает синтез твердых износостойких материалов на основе боридов, карбидов или карбоборидов переходных металлов с различным химическим и фазовым составами. Температура плавления этих материалов в значительной мере превышает температуру плавления подложки из стали 65Г. Таки образом, совместное использование ТВЧ нагрева и экзотермических СВС смесей термитного типа обеспечивают в значительной мере расширение сырьевой базы материалов, применяемых при

синтезе твердых износостойких материалов при индукционной наплавке на штатном оборудовании.

Литература

1. В.Н. Ткачев, Б.Ч. Фиштейн, Н.В. Казинцев, Д.А. Алдырев. Индукционная наплавка твердых сплавов. Москва, Машиностроение, 1970, 183 стр.

2. В.Ф. Аулов, В.В. Иванайский, А.В. Ишков, Н.Т. Кривочуров, В.П. Лялякин. Способ индукционной наплавки высоколегированных хромистых чугунов. Авторское свидетельство №2014105479 от 14.02.2014..

3. А.И. Трофимов, В.И. Юхвид. Эффект влияния электромагнитного поля на горение системы Ti+C. ФГВ, 1993, т. 29, № 1, стр. 71-73.

4. A.I. Trofimov, V.I.Yukhvid, I.P. Borovinskaya. Combustion in condensed systems in external electromagnetic fields. Inter. J. of SHS, 1992, vol. 1, no. 1, pp. 67-71.

5. A.I. Trofimov, V.I. Yukhvid. SHS Surfacing in an Electromagnetic Field. Inter. J. of SHS, 1993, vol. 2, no. 4, 1993, 343-348.

THE REINFORCING COATING IN THE JOINT USE OF HIGH FREQUENCY HEATING AND SHS METALLURGY

Silyakov S. L., Cand. tech. Sciences., senior researcher, Federal state budgetary institution of science Institute of structural Macrokinetics and problems of materials science of the Russian Academy of Sciences, Chernogolovka, Russia e-mail:ssl@ism.ac.ru.

Aulov V. F. ,Federal state budget scientific institution «Federal scientific engineering center VIM» (center FNAC VIM), Moscow, Russia. e-mail: gosniti@mail.ru

Yukhvid V. I. d-R tekhn. Sciences., head. laboratory, Federal state budgetary institution of science Institute of structural Macrokinetics and problems of materials science of the Russian Academy of Sciences, Chernogolovka, Russia e-mail:ssl@ism.ac.ru.

***Abstract**. Self-propagating high-temperature synthesis (SHS) is one of the most promising areas for the production of new materials, including coatings. The process is an exothermic reaction in which heat is concentrated in a specific area of the part. This article discusses the technological procedure for obtaining a new wear-resistant coatings using SHS process with the initiation of the process by heating high-frequency currents (HFC). The advantages in the implementation of welding with the joint use of high frequency heating and the exothermic thermite SHS mixture type are shown.*

***Keywords**: high frequency heating, SHS process, HTO, wear resistance, coating hardness.*

Literature

1. V. N. Tkachev, B. C., Fistein, N. In. Kozintsev, D. A. Andyrew. Induction welding of hard alloys. Moscow, Mashinostroenie, 1970, p. 183

2. V. F. Aulov, V. V. Iwanicki, A.V. Ishkov, N. T. Krivotulov, V. P. Lyalyakin. Method of induction welding high-alloy chromium cast iron. Copyright certificate №2014105479 from 14.02.2014..

3. A. I. Trofimov, V. I. Yukhvid. The effect of electromagnetic fields on combustion systems Ti+C. SCF, 1993, vol. 29, No. 1, pp. 71-73.

4. A. I. Trofimov And V. I. Yukhvid, I. P. Borovinskaya. Combustion of condensed systems in external electromagnetic fields. Inter. J. SHS, 1992, vol. 1, no. 1, p. 67-71.

5. A. I. Trofimov And V. I. Yukhvid. SHS-welding in the electromagnetic field. Inter. J. SHS, 1993, vol. 2, no. 4, 1993, 343-348.

УДК 625

СТРАТЕГИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА МАШИН

Соломашкин А.А. Инженер
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
E-mail: gosniti-lab4@mail.ru, тел. 8 929 980 73 35

Аннотация. *В статье указаны основные стратегии технического обслуживания и ремонта машин. Даны их преимущества и недостатки. Дано определение ресурсного параметра и его влияния на показатели надежности деталей машин.*

Ключевые слова: *стратегии технического обслуживания и ремонта, система допусков, ресурсный параметр*

Существует три стратегии ТО и ремонта:

- по потребности после ремонта;
- планово-предупредительная, когда приблизительно известна периодичность отказов деталей и сроки ремонта ориентируются на эту периодичность;
- по результатам диагностирования, когда сроки ремонта известны заранее, исходя из статистики отказов, полученной до ремонта. При ремонте выбрана некая система допусков, т.е. номинал, допуск, предел и периодичность проверки ПТС.

При диагностировании используется система допусков, которая соответствует текущей стратегии ТОР. Рассмотрим эти стратегии.

Первая – стратегия «по потребности», когда срочно требуется ремонт, т.к. произошел отказ, деталь вышла из строя и необходим ремонт, чтобы восстановить работоспособность машины (рисунок 1).

Отсутствует предыстория отказа, нет никакой информации о текущем техническом состоянии детали. Детали дают возможность проработать до отказа, без какого бы то ни было контроля со стороны обслуживающего персонала. Ни какие параметры текущего технического состояния не контролируются. Время отказа не прогнозируется. Деталь в этом случае вырабатывает свой ресурс полностью. Поток отказов таких деталей максимальный, но и ресурс тоже максимальный.

Такой способ эффективен, когда надо выполнить работу в заданный интервал времени, в заданные сроки, не считаясь с огромными потерями, на восстановление работоспособности машины.

Затраты на ТО и ремонт в этом случае максимальны.

По потребности.

Ремонт после отказа, без учета наработки t и системы допусков (Uном и Uпр).

Вторая – «планово-предупредительная». Ремонт плановый, предназначен для частичного предупреждения отказов (рисунок 2).

Суть стратегии состоит в том, что было замечено, что отказы в группах одноимённых деталей имеют определённую периодичность. Другими слова-

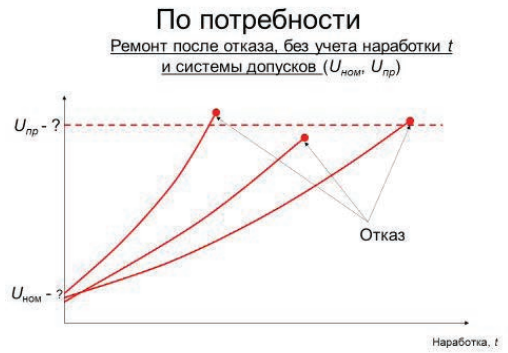


Рисунок 1 - Первая стратегия ТО и ремонта
Uном – номинальное значение параметра, ед.знач.пар., Uпр – предельное значение параметра, ед.знач.пар., t – наработка, ед.знач.нараб.

ми – известен средний срок службы Тср группы одноименных деталей. Не зная закона распределения ресурса этой группы, можно частично снизить процент отказа этой группы, путем проведения выбраковки еще исправных деталей, которые уже имеют заданную наработку, например, 80…90 % от Тср. 10…20 % деталей, которые могли бы еще работать, снимаются с эксплуатации, т.к. они все равно откажут в ближайшее время. Поток отказов, в этом случае, частично снижен. Средний срок службы – тоже немного уменьшен.

Затраты на ТО и ремонт в этом случае ниже, чем в первом случае.

Третья стратегия – «по состоянию», т.к. учитывается ткущее техническое состояние деталей (рисунок 3).

Если в первом случае, не контролируются никакие параметры технического состояния, во втором – только наработка деталей, то в этом случае вводятся новые параметры технического состояния, связанные с потоком отказов и со сроком службы и новые критерии – критерии выбраковки.

Планово-предупредительная.

Ремонт после определённой наработки t (учет только наработки t = Тср)

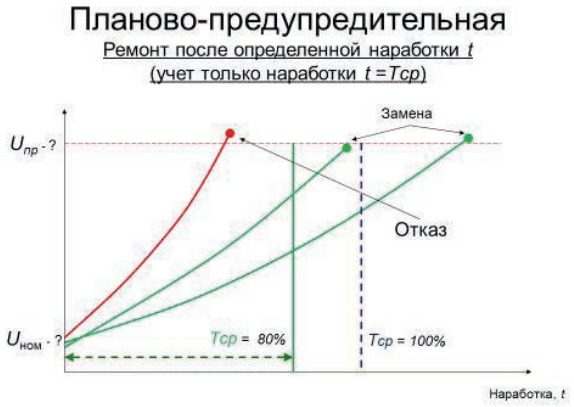


Рисунок 2 - Вторая стратегия ТО и ремонта
Uном – номинальное значение параметра, ед.знач.пар., Uпр – предельное значение параметра, ед.знач.пар., Тср – среднее значение ресурса, ед.знач.рес., t – наработка, ед.знач.нараб.

Проводится контроль этих параметров по заданному графику, т.е. с плановой периодичностью. Вводится операция выбраковки деталей по заданному критерию. Операция выбраковки деталей производится тогда, когда значение контролируемого (диагностического) параметра достигает и/или превышает допуск, т.н. допускаемое значение параметра.

Допускаемое значение параметра устанавливается исходя из условия, что, если значение контролируемого параметра не превышает допуска, то эта деталь проработает без отказа, до следующей плановой проверки, а если нет – то деталь снимается с эксплуатации и поступает в ремонт или подлежит списанию и дальнейшей утилизации.

Такая стратеги позволяет значительно снизить поток деталей, отказавших в эксплуатации, а также существенно увеличить средний срок службы деталей машины.

Затраты на ТО и ремонт в этом случае ниже, чем в первом и во втором случае.

Это – так называемая перспективная стратегия ТО и ремонта.

По состоянию - 1.

Выбраковка детали с учетом наработки t и одного параметра – один допуск (Uдоп)

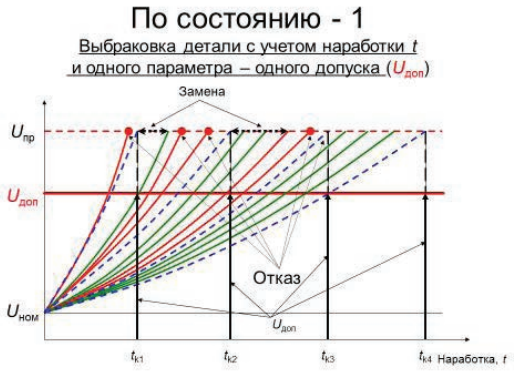


Рисунок 3 - Третья – 1 стратегия ТО и ремонта
Uном – номинальное значение параметра, ед.знач.пар., Uдоп – допускаемое значение параметра, ед.знач.пар., Uпр – предельное значение параметра, ед.знач. пар., tk1…tk4 – межконтррольная наработка, ед.знач.нараб., t – наработка, ед.знач.нараб.

Однако, в этой стратегии есть существенный недостаток. Она не учитывает скорость изнашивания каждой детали в отдельности. В итоге, детали, у которых скорость изнашивания большая, выходят из строя чаще, чем детали, со средней для группы одноименных деталей скоростью изнашивания, и наоборот, детали, с малой скоростью изнашивания, выбраковываются раньше среднего срока службы, снижая этот показатель.

Для устранения этих недостатков была разработана стратегия, в которой учитывается скорость изнашивания каждой конкретной детали. Выбраковка деталей в этом случае, ведется с учетом скорости изнашивания каждой детали в отдельности. Детали с большой скоростью изнашивания выбраковываются первыми, а детали с малой – последними.

В такой стратегии, допуск устанавливается не один, как в предыдущем случае, когда допуск устанавливается один, постоянный, для любой скорости изнашивания, а несколько. Для большой скорости один допуск, низкий, для средней скорости – другой, средний, а для малой – третий, самый высокой, чтобы дать детали проработала как можно больше, с повышенным ресурсом (рисунок 4).

Такой подход резко (в разы) снижает вероятность отказа для группы одноименных деталей, а средний срок службы увеличивает, приблизительно, на четверть.

На сегодня, это – перспективная стратегия ТОР, самая ресурсосберегающая, т.к. позволяет значительно экономить расход запчастей и увеличить срок службы.

Таким образом, стратегия ТОР, основанная на использовании новой системы допусков, является наиболее эффективной, т.к. является ресурсосберегающей для деталей машин, находящихся в эксплуатации.

Рассмотрим более подробно механизм возникновения отказа детали машины, находящейся в группе одноименных деталей, для данной стратегии ТОР.

Основными элементами для описания процесса отказа детали являются: графики кривых изнашивания этой детали – Vпр, Vi и Vj, а также существующая на данный момент система допусков, т.е. номинальное Uном, допускаемое D и предельное значение параметра Uпр, контролирующего исправность этой детали, а также периодичность проверки tki этого параметра [1, 2, 3].

По состоянию – 2.

Выбраковка детали с учетом наработки t и нескольких допусков (Uдоп1, Uдоп2, Uдоп3)

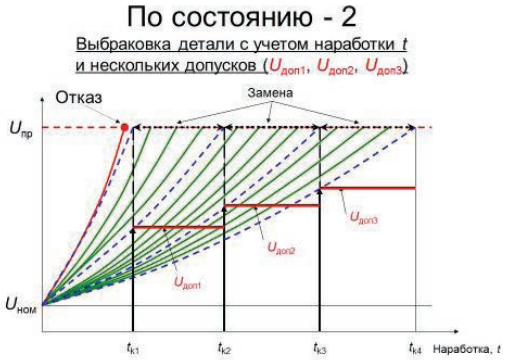


Рисунок 4 - Третья – 2 стратегия ТО и ремонта
Uном – Номинальное значение параметра, ед.знач.пар., Udоп1…Udоп3 – Допускаемое значение параметра, ед.знач.пар., Uпр – Предельное значение параметра, ед.знач.пар., tk1…tk4 – Межконтррольная наработка, ед.знач.нараб.,t – Наработка, ед.знач.нараб.

На рисунке 5 изображен механизм возникновения отказа, когда скорость изнашивания Vi становится больше предельной скорости изнашивания Vпр, в отличии от скорости Vj, меньшей, чем Vпр.

При этом скорость Vпр связана с допуском D и межконтрольной наработкой tm, зависящей от графика проведения проверок Tk = tk1, tk2, … tkn, и чем больше/меньше предельная скорость изнашивания Vпр, тем больше/меньше допуск, при той же межконтрольной наработке tm.

Показано, что при постоянной периодичности проверок tm (tm - const) графиком системы допусков является монотонно нарастающая ломаная кривая, а при переменной периодичности – нет, т.к. является случайной ломаной кривой.

В этих случаях, обеспечивается безотказный вариант работы деталей машин. На рисунке 5 изображен механизм возникновения отказа и две системы допускаемых значений параметра Di, применительно к различным скоростям изнашивания Vi и Vj, и межконтрольной наработке tm.

При этом, допускаемое значения лежит ниже предельного значения и составляют его часть, следовательно, допускаемые значения параметра можно определять, как часть предельного, например, составлять столько-то % от предельного значения, скажем 60 или 70 % от Uпр.

Такая форма вычисления допусков, позволяет создавать очень удобную, универсальную систему допусков, безотносительно к абсолютному значению контролируемого параметра.

Остается проверить, является ли такая стратегия, основанная на использовании нескольких допусков, эффективной. Будет ли при этом поток отказов минимальным или нет.

Для этого рассмотрим те ПТС, которые используются в качестве ресурсных параметров, связанных с ресурсом и со скоростью изнашивания контролируемой детали, и как они влияют на отказ/исправность деталей машин.

В работе [4] показано, что для того, чтобы параметр был ресурсным, необходимо выполнить несколько требований.

1. Для детали, использующий данный ресурсный параметр в качестве диагностического, должен быть известен закон распределения ресурса этой детали.
2. Предварительно, этот ресурсный параметр должен быть оцифрован, т.е. датчик/устройство, контролирующий этот параметр, должен иметь выход, лучше электрический, или любой другой (механический, оптический, электромагнитный и т.д.), позволяющий записывать сигнал с этого датчика (лучше электрический) для дальнейшей работы с ним.
3. Значение контролируемого параметра получают при ресурсном диагностировании, с учетом той системы допусков, которая соответствует данной стратегии ТОР.

Рассмотрим применение ресурсного параметра в механизме возникновения отказа безотказной системы допусков.

Эти требования позволяют использовать его для оценки показателей надежности и в дальнейшем данный ресурсный параметр применять в качестве параметра, встроенного в «черный ящик» с/х машины. С его помощью можно будет контролировать, например, остаточный ресурс деталей, находящихся в это время в эксплуатации.

В итоге, при оценке показателей надежности, с минимальным потоком отказов, необходимо разработать новую, ресурсосберегающую систему допусков для деталей с/х машин.

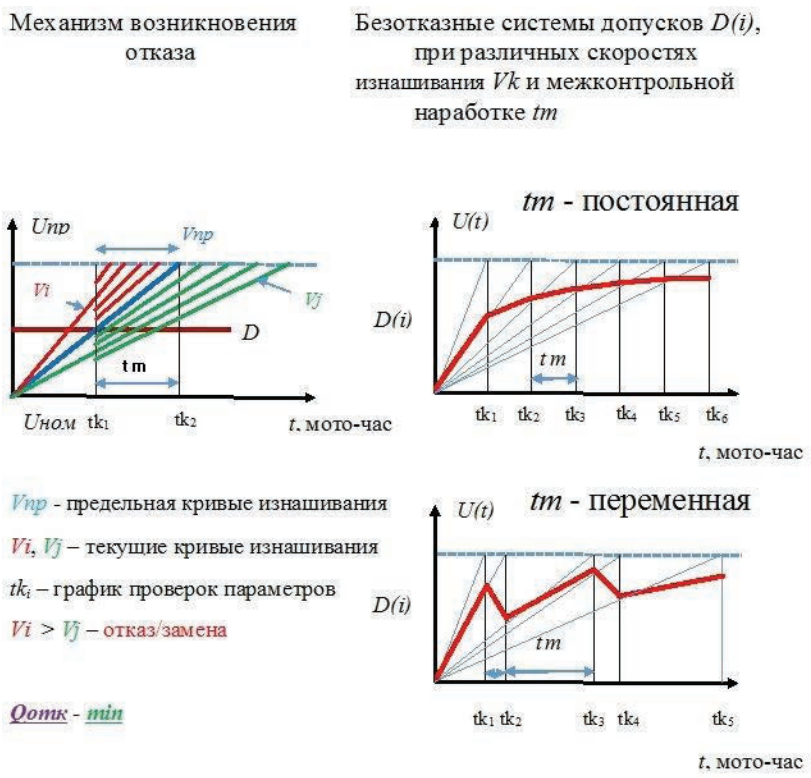


Рисунок 5 – Безотказные системы допусков D(i) при различной скорости изнашивания Vk и межконтрольной наработке tm.
Uном, Di, Unp, U(t) – номинальное, допускаемое, предельное и текущее значения контролируемого параметра. t –наработка, мото-час, tm – межконтрольная наработка, мото-час.

Список использованной литературы

1. *Михлин В.М. Прогнозирование технического состояния машин. М., Колос, 1976. 287 с.*
2. *Соломашкин А.А. Обоснование параметров и размеров деталей при ремонте двигателя внутреннего сгорания // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – М: ИД Панорама, 2016. – № 8. – С. 27-31.*
3. *Соломашкин А.А. Разработка алгоритма расчета дефектных деталей при их дефектовке // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – М: ИД Панорама, 2016. – № 9. – С. 36-40.*
4. *Соломашкин А.А. Параметры технического состояния деталей машин. – Труды ГОСНИТИ. – 2014. – Т.116. – с. 52-56.*

STRATEGIES FOR MAINTENANCE AND REPAIR OF MACHINES.

Solomashkin A., engineer
FGBNU FNAC WIM
E-mail: gosniti-lab4@mail.ru, Tel. 8 929 980 73 35

Annotation. *The article identifies key strategies for maintenance and repair of machines. Their advantages and disadvantages are given. The resource parameter and its influence on the reliability of machine parts are defined.*

Keywords: *strategies for maintenance and repair, the system of tolerances, the resource option*

Bibliography

1. *Mikhlin V.M. Prediction of technical condition of machines. M., Kolos, 1976. with 287.*
2. *Solomashkin A.A. Justification parameters and dimensions of parts when repairing internal combustion engine//agricultural engineering: maintenance and repairs. -M: Eid panorama, 2016. -No. 8. -S. 27-31.*
3. *Solomashkin A.A. Development of algorithm for calculating the defective parts in their defektovke//agricultural engineering: maintenance and repairs. -M: Eid panorama, 2016. -No. 9. -S. 36-40.*
4. *Solomashkin A.A. Parameters of technical condition of machine parts. -Works GOSNITI. -2014. -116. -s. 52-56.*

УДК 621.377.7

ОЦЕНКА КОНТАКТНОЙ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ ИЗНОСОСТОЙКИХ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ, ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ВОССТАНАВЛЕНИЮ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Н.И. Корнейчук, доцент к. т. н.
(Государственный Аграрный Университет Молдовы
г. Кишинёв, тел.432346, 432489, n.corneiciuc@uasm.md)

Аннотация. *В работе представлены результаты исследований контактной усталостной прочности износостойких электролитических покрытий хрома и железа, осаждённых из наиболее широко используемых в ремонтном производстве электролитов. Выявлено, что состав применяемого электролита и условия нанесения покрытий оказывает существенное влияние на предел их контактной усталостной прочности. Установлено, что наибольшей контактной усталостной прочностью обладают: хромовые покрытия, полученные из холодного саморегулирующегося электролита хромирования и универсального-осажденных гальвано-механическим способом; из железных - покрытия, полученные на периодическом токе с обратным регулируемым импульсом. Показано, что применение электрохимикотермического упрочнения позволят повысить предел контактной усталостной прочности электролитических железных и железо-никелевых покрытий, на 50…65% по сравнению с эталоном (сталь 20Х, HRC 58…63).*

Ключевые слова: электролит, хром, железо, контактная прочность, усталость, предел, в*ыносливость.*

Состояние вопроса

Одними из ресурсоопределяющих в узлах и механизмах машин являются тяжелонагруженные детали, которые в процессе работы подвергаются контактно-циклическому нагружению. При таких условиях на рабочих поверхностях детали образуются сколы, раковины (питтинг), реже деформации в виде смятия и излома.

Группа таких деталей является достаточно многочисленной. По конструктивно-технологической однородности, к ним относятся: валы и оси, сопряжённые с игольчатыми подшипниками, кулачковые валы, крестовины карданного вала и дифференциала, поршневые пальцы, валы коробок передач, шестерни и др. Эти детали по классификации Шадричева В.А. относятся [1] соответственно к V и X классам и частично входят в VI.

Анализ конструкторско-технологических особенностей тяжело нагруженных деталей отечественных тракторов и автомобилей показал [2], что 83% из них изготавливают из низкоуглеродистых легированных сталей, которые подвергнуты упрочнению цементацией или нитроцементацией с последующей закалкой до твердости HRC 56…65. Около 78% из них подвергаются воздействию значительных по величине контактных нагрузок, которые достигают 980МПа и более. Несмотря на проводимые мероприятия по дальнейшему совершенствованию конструктивных и технологических параме-

тров их долговечность остается еще весьма низкой по сравнению с другими агрегатами и узлами машин. Так, например, моторесурс двигателя ЯМЗ 238 доведен до 8000 моточасов, а средний ресурс крестовины карданного вала трактора К-700 составляет 1200, 1600 моточасов [3].

Анализ ряда работ [4…6] показал, что ресурс тяжелонагруженных деталей, подвергающихся в процессе работы контактному нагружению, в большей степени зависит от величины предела контактной усталостной прочности рабочей поверхности детали.

Изучение состояния рабочей поверхности тяжелонагруженных деталей показало, что в зависимости от условий их работы на рабочей поверхности могут развиваться как усталостное, так и окислительные, абразивные виды изнашивания и их сочетание, которые накладываясь на основные процессы, оказывают существенное влияние на процесс контактной усталости. При этом у 8…40% случаев наблюдается выкрашивание, 40…60% - окислительное и абразивное изнашивания и 4…12% - их сочетание [7,8]. При этом величина износа таких деталей не превышает 0.1…0,3 мм [4].

Следовательно, для обеспечения необходимого ресурса как новых, так и восстановленных деталей их рабочие поверхности должны обладать не только высокой контактной прочностью, но и высокими антифрикционными свойствами и термостойкостью, исключающей образование слоёв пониженной твёрдости.

Современной наукой и техникой предложено немало эффективных способов восстановления и упрочнения деталей машин. Одним из наиболее перспективных для этой цели являются способы нанесения гальванических металлопокрытий. Так как около 90% автотракторных деталей подлежащих восстановлению имеют износ, не превышающий 0,3…0,5 мм.

Исследованиями И.С. Вороницына, Н.Т. Кудрявцева, Ю.Н. Петрова, М.П. Мелкова, М.А. Шлугера, А.Н. Батищева и др. обоснована эффективность использования износостойких гальванических покрытий хрома, железа и сплавов на их основе, для восстановления и упрочнения деталей машин, которые наиболее полно удовлетворяют требованиям ремонтного производства.

Исследованиями [9…12,14] и др. установлено, что физико-механические свойства гальванических покрытий предопределяется не только материалом покрытия, но и условиями их осаждения (состав электролита, способ нанесения, режимы электролиза).

В работе [12] и др. показано, что эффективность процессов, как хромирования, так и железнения можно существенно повысить, если в процессе электролиза осуществлять механическое активирование покрываемой поверхности. В ряде работ [11,12,17] показано, что физико-механические свойства электролитических железных покрытий можно повысить, если при их осаждении использовать источники периодического тока с обратным регулируемым импульсом, а также, если их подвергать последующей химикотермической или электрохимикотермической обработке. Однако, из-за недостаточной научной информация о контактной усталостной прочности гальванических покрытий эти способы пока находят крайне ограниченное применение для восстановления тяжелонагруженных деталей.

В этой связи возникла необходимость проведение соответствующих исследований по сравнительной оценке контактной усталостной прочности

износостойких гальванических покрытий железа и хрома осаждаемых из наиболее широко используемых в ремонтном производстве электролитов и перспективных способов их нанесения.

Методика исследований

В качестве объекта исследований использовали образцы диаметром 22 ± 0,01мм, изготовленные из стали 20Х, цементированные и закалённые до HRC 58…63, на которые наносили покрытия, из наиболее широко используемых электролитов хромирования и железнения, при условиях, обеспечивающих максимальную износостойкость (табл.1) и толщину после их механической обработки 0,2мм.

Эталоном сравнения служили такие же образцы, цементированные на глубину 0,8…1,2мм и закалённые до HRC58…63 с шероховатостью Ra = 0,32мкм.

Таблица - 1.**Типы и составы, используемых электролитов* для нанесения гальванических покрытий.**

№ эл-та	Тип электролита, условия нанесения покрытий	Состав электролита		Режимы электролиза	
		Компоненты	Концентрация, г/л	Катодная плотность тока, ($Д_к$), А/дм^2	Температура электролита ($t_{эл}$), ^{0}С
	Электролиты хромирования				
1	Универсальный стационарные	CrO_3 H_2SO_4	250 2.5	50	55±2
	Универсальный гальваномеханические**	CrO_3 H_2SO_4	250 2.5	180-200	55±2
2	Разбавленный стационарные	CrO_3 H_2SO_4	150 1.5	50	55±2
3	Холодный саморегулирующийся, стационарные	CrO_3 $CaCO_3$ $CoSO_4 \cdot 7H_2O$	400 50…60 18…20	180	22±2
	Электролиты железнения				
4	Метилсульфатно-хлористый, стационарные	$Fe(CH_3OSO_3)_2$ $FeCl_2 4H_2O$ pH=0,7…1,3	350 150	30	45±2
5	Хлористый, стационарные ПТОРИ	$FeCl_2 4H_2O$ pH=0,8…1,1	400 1	35	45±2
6	Сульфатный	$FeSO_4 7H_2O$	500…550	15	90
7	Хлористый, высококонцентрированный стационарные ПТОРИ	$FeCl_2 4H_2O$ pH=0,8…1,1	600…650	40	90
8	Сульфатно-хлористый стационарные ПТОРИ	$FeCl_2 4H_2O$ $NiSO_4 7H_2O$ $Na_2C_4H_4O_6 \cdot 2H_2O$ pH=0,8…1,1	500…550 40…50 1,2…2,5	30	90

*) Электролиты, выбранные нами для сравнения, как наиболее распространенные в ремонтном производстве для восстановления деталей машин.

**) Давление активирующего инструмента 20 КПа, скорость протока электролита 1м ·сек$^{-1}$.

Железные покрытия наносили в электролитах № 6…8 при условиях, обеспечивающих формирование покрытий с размером блоков мозаики более 50нм, которые затем подвергали науглероживанию в твёрдом карбюризаторе так и электрохимикотермическому насыщению углеродом и азотом с нагревом ТВЧ, и последующей закалке и низкотемпературному отпуску до HRC62…68 при глубине насыщения после механической обработки 0,22…0,25мм [17].

В качестве контртела использовали ролики, изготовленные из стали ШХ15 с твёрдостью рабочей поверхности HRC 63...65 и шероховатостью Ra = 0,16мкм.

Для оценки сопротивляемости исследуемых покрытий контактной усталости использовали трёхконтактную, четырёхроликовую машину [13]. Для смазки контактируемых поверхностей применяли гипоидную смазку ТСп -14гип (ГОСТ 23652-79). Количество смазки подаваемой в зону трения составляло 10 л/ч. За базу испытаний принимали N=5х106 циклов нагружения, с началом отсчёта после стабилизации коэффициента трения качения. Нагружение и снятие нагрузки производили только при вращающихся роликах машины.

Предел контактной усталостной прочности определяли как величину напряжения, отличающую границу двух зон: зоны прогрессирующего усталостного выкрашивания и зоны отсутствия прогрессирующего усталостного выкрашивания. За начало зоны усталости принимали образование на поверхности испытуемого образца микровыкрашиваний площадью более 0,5мм.2 Осмотр состояния поверхности образцов проводили через каждые 1х106 циклов нагружения. При этом образцы с машины не снимали, за исключением оговариваемых случаев.

Максимальное контактное напряжение в зоне контакта определяли по формуле.

$$\sigma_{max} = 0{,}795\sqrt{\frac{A}{\frac{B}{E_2}} + C}$$

где: $PE_1(d_1+d_2)$; $B=d_1 \cdot d_2 \cdot lpE_1$; $C=d_1 \cdot d_2 \cdot l$;

P – усилие, прилагаемое к испытуемому ролику, Н;

E_1,E_2 – модули упругости, соответственно, гальванического покрытия и материала нагружающих роликов (контртела), МПа;

d_1, d_2 – диаметры, испытуемого и нагружающих роликов, мм;

lp – длина контакта, мм.

Результаты исследований.

Было установлено, что режимы электролиза, состав и концентрация электролита, способ их осаждения и последующего упрочнения оказывают существенное влияние на величину предела контактной усталостной прочности электролитических покрытий. При этом независимо от условий формирования покрытий и их упрочнения характерным видом разрушения, в том числе и эталонных образцов, было усталостное выкрашивание, которое является результатом зарождения и роста как поверхностных, так и подповерхностных трещин в слоях материала покрытия в зависимости от величины контактной нагрузки, что подтверждено ранее проведенными исследованиями [13].

В результате сравнительной оценки контактной усталостной прочности исследуемых покрытий было установлено, что наибольшим пределом контактной усталостной прочности ($\sigma_к$) обладают хромовые покрытия осаждённые из холодного саморегулирующегося электролита $\sigma_к$=2180 МПа (рис.1, кр.3), а наименьшим, железные – осаждённые из метилсульфатно-хлористого, у которых $\sigma_к$=1730 Мпа, (рис.2, кр.2).

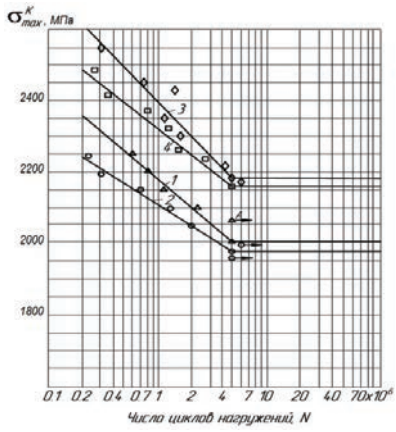


Рис. 1. Контактная прочность хромовых покрытий полученных при оптимальных условиях электролиза из:
1 – универсального, 2 – разбавленного, 3 – холодного саморегулирующегося электролитов, 4 – универсального при гальваномеханическом способе осаждения. А – эталон (сталь 20Х, HRC 62)

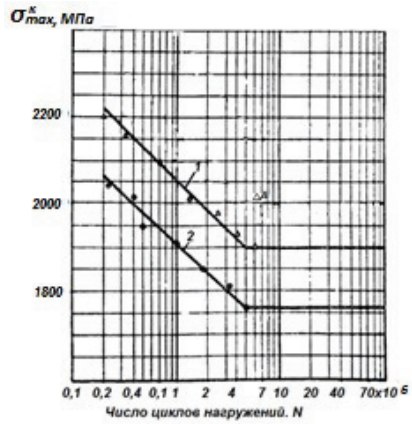


Рис. 2. Контактная прочность железных покрытий при оптимальных условиях электролиза: 1,2 – железненных соответственно в электролитах № 5 и 4.

Исследованиями было также установлено, что величина контактной усталостной прочности покрытий зависит от состава электролита и условий их нанесения. Так, у хромовых покрытий осаждённых (табл.1) из универсального и разбавленного электролитов, σк соответственно равна 1990 и 1770 МПа (рис.1 кр.1 и 2). Установленная разница в значениях σк наиболее вероятно связана с характером структуры покрытий. Так как покрытия из разбавленного электролита, при прочих равных условиях электролиза, более трещиноваты по сравнению с покрытиями, полученными из электролитов №1 и 3, табл.1, то на завершающей стадии разрушения (выкрашивания) локальных участков рабочей поверхности образцов облегчается процесс выкрашивания участков поверхности покрытия. Заметное влияние на величину σк оказывает способ нанесения покрытия. Так, при гальваномеханическом способе нанесения покрытий из электролита №1, при прочих равных

режимах электролиза, осаждаются покрытия, у которых $\sigma_к$ на 260МПа больше чем при стационарных условиях электролиза и достигает максимального значения $\sigma_к$=2160МПа (рис.1 кр.4). При этом σк у покрытий из электролита №3 на 40…50 МПа больше чем у эталона. Такое изменение величины σк можно объяснить, особенностями структуры этих покрытий. Так как при механическом активировании по всей покрываемой поверхности создаются более равноценные условия для зарождения и роста кристаллов хрома, это способствует формированию менее напряжённых с волокнистой, нормально ориентированной к основе столбчатой структуры покрытий, которые обладают более высокими физико-механическими свойствами.

Исследуя величину предела контактной усталостной прочности электролитических железных покрытия было установлено, что состав электролита и условия осаждения покрытий, как и при хромировании оказывают заметное влияние на величину $\sigma_к$ (рис.2) . Если при осаждении покрытий на постоянном токе из электролита №5 формируются покрытия с выраженной слоистой структурой и $\sigma_к$ = 1760 МПа (кр.2), то при применении периодического тока с обратным регулируем импульсом, при прочих равных условиях, слоистость снижается, и осаждаются менее трещиноватые с волокнистой столбчатой структурой покрытия [13], при этом $\sigma_к$ увеличивается и достигает 1900 МПа.

В работах [15…17] и др. было установлено, что физико-механические свойства электролитических железных покрытий можно существенно повысить, если их подвергнуть последующей химико-термической обработке. Так, исследуя влияние электрохимикотермической обработки электролитических железных покрытий осаждённых в исследуемых электролитах (табл. 1 эл. № 6, 7 и 8) было выявлено [17], что упрочнение с электронагревом, способствует существенному увеличению контактной усталостной прочности ($у_к$) электролитических железных покрытий. Наибольшее значение $у_к$ = 3280…3480 МПа имеют железные и железо-никелевые покрытия (рис. 3 кр. 3 и 4) с размером блоков мозаики более 50 мкм. При этом $у_к$ этих покрытий на 50-60% больше, чем у эталона.

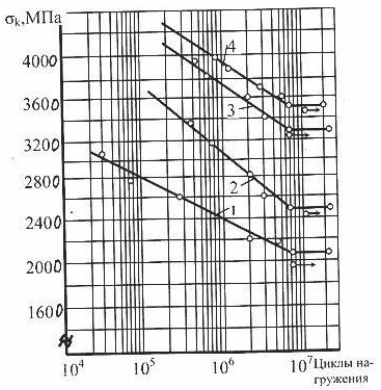


Рис. 3. Влияние способа упрочнения на контактно- усталостную прочность покрытий: 1 – сталь 20Х, науглероженная в твердом карбюризаторе (эталон); 2 – электролитическое железо № 2, науглероженное в твердом карбюризаторе (основа – сталь 20Х); 3 – электролитическое железо № 2, углеродоазотированное с нагревом ТВЧ (основа – сталь 45); 4 – углеродоазотированный сплав железо-никель № 10 (основа – сталь 20Х).

Было выявлено, что на величину $у_к$ железных покрытия, осажденные при одних и тех же условиях электролиза, оказывает способ их упрочнения. Так, железные покрытия, науглероженные в твердом карбюризаторе имеют $у_к$ = 2480 МПа (рис. 3 кр. 2), а углеродазотированные (рис.3, кр.3 и 4) 3275 и 3500МПа, соответственно. Такое увеличение ук железных покрытий, упрочнённых углеродазотированием вероятно можно объяснить соответствующими структурными изменениями, которые происходят в покрытиях при упрочнении. По данным [17] это, прежде всего, связано, с образованием мелкоигольчатого мартенсита, физико-механические свойства таких покрытий выше, чем у аналогичных с крупноигольчатым мартенситом.

На основании выполненных исследований можно заключить, что имеется целый ряд технологических приёмов и способов ,обеспечивающих эффективное управление формированием покрытий с необходимыми физико-механическими свойствами, что позволит их использовать при восстановлении и упрочнении тяжело нагруженных деталей машин сельскохозяйственной техники, подвергающихся в процессе работы контактно циклическим и ударным нагрузкам.

Выводы

1. Износостойкие покрытия хрома и железа обладают достаточным приделом контактной усталостной прочности σк=1730…2140 МПа, которые в 1,7...2,1 раза выше максимально действующих контактных нагрузок в тяжелонагруженных деталях машин, что позволяет рекомендовать их для восстановления и упрочнения рабочих поверхностей тяжелонагруженных деталей сельскохозяйственной техники.

2. Установлено, что контактная усталостная прочность гальванических покрытий зависит от состава электролита и условий их осаждения. Выявлено, что наибольший предел контактной усталостной прочности у хромовых покрытий с волокнистой, малотрещиноватой структурой, осажденных в холодном саморегулирующимся электролите с ионами кобальта, у которых σк, достигает 2140 МПа.

3. Установлено, что использование при нанесении железных покрытий периодических токов с обратным регулируемым импульсом, а при хромировании - механического активирования покрываемой поверхности способствуют формированию покрытий с волокнистой столбчатой структурой и повышению контактной усталостной прочности покрытий на 150 и 140 МПа, соответственно.

4. Установлено, что величину придела контактной усталостной прочности электролитических железных покрытий можно увеличить на 40…60% по сравнению с эталоном (сталь 20Х цементированная и закалённая до HRC 60…63) если покрытия подвергнуть электрохимикотермическому углеродозотированию с нагревом ТВЧ. При этом, предел контактной усталостной прочности составляет 3275…3500 МПа.

Литература

1. Шадричев В.А. Основы выбора рационального способа восстановления автомобильных деталей металлопокрытиями. М.; Л; Машгиз, 1962.

2. Тазиков Э.Б. // Исследование упрочнения восстанавливаемых наплавкой автотракторных деталей последующей химико-термической обработкой. Автореф. канд. дис. Кишинев, 1973.

3. Дехтярёв М. Ремонт карданных передач тракторов К-700 «Техника в сельском хозяйстве», № 3, 11, 1974.

4. Кряжков В.М. Анализ конструктивно-технологических характеристик восстанавливаемых деталей тракторов// Зап. Ленинградского СХИ, т.157 вып.2, 1971.

5. Кугель Р.В. Долговечность автомобилей. М.; Машгиз, 1961.

6. Порохов В.С. Испытание материалов для деталей, работающих в условиях контактных напряжений. М.; 1971.

7. Рапопорт Л.С., Корнейчук Н.И. К вопросу о пластической деформации и разрушении поверхностных слоёв при контактном нагружении. // Повышение прочности деталей сельскохозяйственной техники. Кишинев, 1975 Т. 138, С. 79-83.

8. Трубин Т.К. Контактная усталость материалов для зубчатых колёс. М.; Машгиз, 1962.

9. Кудрявцев Н.Т. Электролитические покрытия металлами.- М.; Изд-во, Химия,1979. -352с.

10. Мелков М.П., Швецов А.Н., Мелкова И.М. Восстановление автомобильных деталей твёрдым железнением.- М.; Транспорт, 1982.

11. Петров Ю.Н., Косов В.П., Стратулат М.П. Ремонт автотракторных деталей гальваническими покрытиями.- Кишинёв; Картя Молдовеняскэ, 1976.- 296с.

12. Электролитическое осаждение железа Петров Ю.Н. Гурьянов Г.В., Бабанова Ж.И. и др.- Кишинёв; Штиинца, 1990.- 196с.

13. Корнейчук Н.И. Исследование физико-механических свойств износостойких гальванопокрытий и разработка технологии восстановления автотракторных деталей, работающих при контактном нагружении. Автореф. канд. дис., Кишинев, 1976. 27с.

14. Корнейчук Н.И. Влияние условий нанесения хромовых покрытий на контактную усталостную прочность восстанавливаемых деталей. // The Bulletin of Kharkov National Technical University. P. Vasilenko, Technical service, agriculture, machinery and technology in rural engineering. Kharkov, 2009. P. 75-82.

15. Дажин В.Г. Восстановление и упрочнение автотракторных деталей цементированными электролитическими покрытиями. Дис. канд. техн. наук. – Саратов, 1964. – 187 с.

16. Казанцев С.П. Совершенствование технологии восстановления и упрочнения деталей машин железоборидными покрытиями. //Ремонт, восстановления, модернизация.2005. №1 С.30-31.

17. Добря В.И. Электрохимикотермическое упрочнение гальванических железных покрытий. Кишинев «Artpoligraf», 2014. -148 с.

ASSESSMENT OF CONTACT FATIGUE STRENGTH WEAR RESISTANT GALVANIC COATINGS, IN RELATION TO RESTORING MACHINE PARTS

N. I. Korneychuk, associate Prof., cand. of techn. Sciences
(State Agrarian University Of Moldova Chisinau,
tel. 432346, 432489 n.corneiciuc@uasm.md)

Abstract. *The paper presents research results of the contact fatigue strength wear-resistant electrolytic coating of chromium and iron deposited from the most widely used electrolytes in repair. It is found out that the composition of the used electrolyte and the conditions of coating have a significant effect on the limit of contact fatigue strength. It is established that the highest contact fatigue strength are possessed by: chromium coatings, obtained from a cold self-regulating electrolyte of chromium plating and universal besieged electroforming mechanically; from the iron - coating obtained on periodic current with reverse adjustable pulse. It is shown that application of electro-chemical hardening will increase the limit of contact fatigue strength of electrolytic iron and iron-Nickel coatings at 50...65% compared to the benchmark (20KH steel, HRC 58...63).*

Key words: *electrolyte, chromium, iron, contact strength, fatigue limit, endurance.*

Literature

1. Shadrichev V. A. Basics of choosing the rational way to restore automotive metal coatings. M; L; Mashgiz, 1962.

2. Basins E. B. // study of the hardening recovered by the surfacing of automotive parts, the subsequent chemical heat treatment. Abstract. Cand. dis. Kishinev, 1973.

3. Dekhtyar M. the Repair of cardan gear of tractor K-700 «technology in agriculture», № 3, 11, 1974.

4. Kryazhkov B. M. Analysis of constructive-technological characteristics of repairable parts tractors// Zap. The Leningrad agricultural Institute, vol. 157 vol.2, 1971.

5. Kugel, R. B. Durability of cars. M.; Mashgiz, 1961.

6. Propellants V. S. Testing materials for parts operating under contact stresses. M.; 1971.

7. Rapoport, L. S., Korneichuk N. And. The question of plastic deformation and destruction of surface layers under contact loading. // Increasing the strength of parts of agricultural machinery. Chisinau, 1975 T. 138, P. 79-83.

8. Trubin since the Contact fatigue of materials for gears. M.; Mashgiz, 1962.

9. Kudryavtsev N. T. Electrolytic coating metals.- M.; Publishing house Chemistry,1979. -352p.

10. Crayons M. P., Shvetsov A. N., Malkova I. M. Restoration automotive parts solid zhelezneniem.- M.: Transport, 1982.

11. Petrov Yu. N., Kosov V. P., Stratulat M. P. the Repair of automotive parts are plated.- Chisinau; Carta, Moldoveneasca, 1976.-296p.

12. Electrolytic deposition of iron Petrov Y. N. Guryanov G. V., Babanov, J. I. and others - Chisinau; shtiintsa, 1990.- 196p.

13. Korneichuk N. And. The study of physical and mechanical properties of wear-resistant electro-plating and the development of recovery technology of automotive parts operating under contact loading. Abstract. Cand. dis., Chisinau, 1976. 27P.

14. Korneichuk N. And. Effect of conditions of deposition of chromium coatings

on contact fatigue strength of the restored details. // Visnyk Harsh Technonogy National University im. P. Vasilenko, Techni service APK, techno that technology have sliskom mashinobuduvannya. Harkov, 2009. P. 75-82.

15. Dugin, V. G. Restoration and hardening of automotive parts tsementirovannoi electroplating. Dis. Cand. tech. Sciences. – Saratov, 1964. – 187 p.

16. Kazantsev S. P. Improvement of the technology recovery and hardening of machine parts zhelezorudnymi coatings. //Repair, restoration, modernization 2005. No. 1 p. 30-31.

17. Dobra V. I. Elektrokhimicheskoe hardening electroplated iron coatings. Chisinau «Artpoligraf», 2014. -148 P.

УДК637.116

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПУЛЬСАТОРОВ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Козлов А.Н., к.т.н., доцент (Ю-УГАУ),
(тел:89026194119 E-mail: ankozlov2016@yandex.ru)

Аннотация. *Представлен анализ режимов работы мембранно- клапанного пульсатора ДД-1-4М двухтактного аппарата АДУ-1, а также мембранно-поршневых пульсаторов Interpuls L-80 (Италия), UNIPULS2 SAK (Дания), ПДД-1 «Дояр-К» (Кургансельмаш). Выявлена обратная квадратическая зависимость частоты пульсации от увеличения разрежения у мембранно-клапанного и прямая квадратическая зависимость у мембранно-поршневого пульсаторов. Зависимости переходных фаз от сжатия к сосанию и от сосания к сжатию, а также фаз сосания и сжатия имеют линейный характер изменения. Относительное процентное соотношение фаз сосания и сжатия в клапанно-поршневых пульсаторах не зависит от разрежения и частоты пульсации, что обеспечивает адекватное воздействие на вымя коровы.*

Ключевые слова. *Мембранно-клапанный и мебранно-поршневой пульсаторы. Частота пульсаций. Соотношение тактов сосания и сжатия. Соотношение фаз пульсации.*

Доильные аппараты, как в нашей стране, так и за рубежом, имеют низкую интенсивность молоковыведения и влияют на заболеваемость вымени коров маститом. Причиной этого являются несовершенство конструкций и принципов работы доильных аппаратов, а также недостаточная обоснованность режимов их работы, отсутствие нормированных показателей надежности и высокоточных технических средств контроля [1,2,3].

Цель работ. Исследовать режимы работы пульсаторов различных типов.

Методика исследований. Запись режимов работы пульсаторов доильных аппаратов производились с помощью прибора «Vacuscope». Принцип его работы заключается в записи изменений разрежения во времени в графическом виде с выводом на дисплей и с дальнейшим преобразованием полученных данных в цифровые характеристики.

Результаты исследований. Известно [4,5], что с увеличением разрежения под соском вымени коровы интенсивность молоковыведения значительно увеличивается, поэтому длительность фазы сосания должна уменьшаться. Наоборот, при уменьшении разрежения под соском вымени коровы, длительность фазы сосания должна увеличиваться, что обеспечит более полное и «безопасное» выдаивание.

Противоположный эффект получаем при увеличении разрежения и одновременном увеличении длительности фазы сосания. Корова быстро отдает порцию молока, и разрежение будет воздействовать на «пустую» цистерну вымени. Это не способствует полноценному выдаиванию коров и раздражает молочную железу. Исследуем режимы работы пульсаторов клапанного и поршневого типов исходя из вышесказанного.

На рис. 1 представлены зависимости частоты пульсации от раз¬режения в пульсаторах: ДД- 1- 4М, ПДД-1, UNIPULS 2, L - 80. В диапазоне изменения разрежения от 40 до 60 кПа частота пульсаций у клапанных пульсаторов резко уменьшилась со 110 до 50 1/мин, а у поршневых незначительно увеличилась с 50…58 до 68…76 1/с. Отметим принципиальное отличие пульсаторов поршневого типа от клапанных. У поршневых пульсаторов (ПДД-1, UNIPULS 2, L- 80) с уменьшением разрежения частота пульсаций уменьшается. У клапанных пульсаторов (ДД - 1 - 4М) наблюдается четкое резкое увеличение частоты пульсаций при уменьшении разрежения. Графический характер изменений частоты пульсаций от разрежений описывается полиномиальными зависимостями с высоким коэффициентом корреляции 0,99.

Данные различия между пульсаторами очень важны для объяснения снижения степени заболеваемости вымени коров при доении аппаратами с поршневыми пульсаторами [6,7].

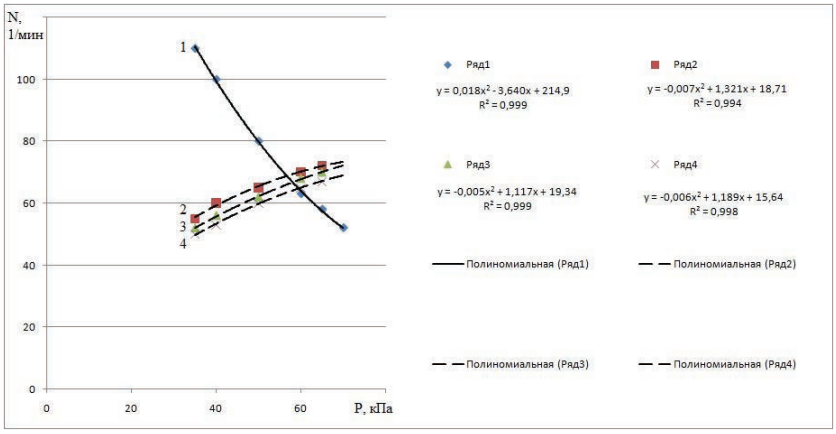


Рисунок 1 - Зависимость частоты пульсации мембранно-клапанных и мебранно-поршневых пульсаторов от величины разрежения
1 - ДД- 1 - 4М; 2 – ПДД-1; 3 - UNIPULS 2; 4 - L- 80; 5 - DUOVAC R.

В доильных аппаратах с мембранно-поршневым типом пульсатора с уменьшением разрежения частота пульсации уменьшается, что способствует полноценному выдаиванию коров. При этом низкое разрежение не вызывает раздражение соска вымени коровы.

Частота пульсаций мембранно-клапанных пульсаторов нестабильна и требует постоянного ежедневного контроля и регулировки[8]. Резкая смена в них частоты пульсаций (см.рис.1) по физиологическому эффекту равноценна смене основного мастера машинного доения, закреплённого за группой животных. Продуктивность коров при этом снижается [6,7].

Исследование у пульсаторов зависимости относительной длительности (%) тактов сосания и сжатия от увеличения разрежения (рис.2) показало линейный характер изменений. Относительная продолжительность тактов сосания и сжатия у поршневых пульсаторов от разрежения не изменяется. У клапанных пульсаторов с увеличением разрежения такт сосания уменьшается, а такт сжатия увеличивается. Аналогичная зависимость отмечается в исследованиях [9].

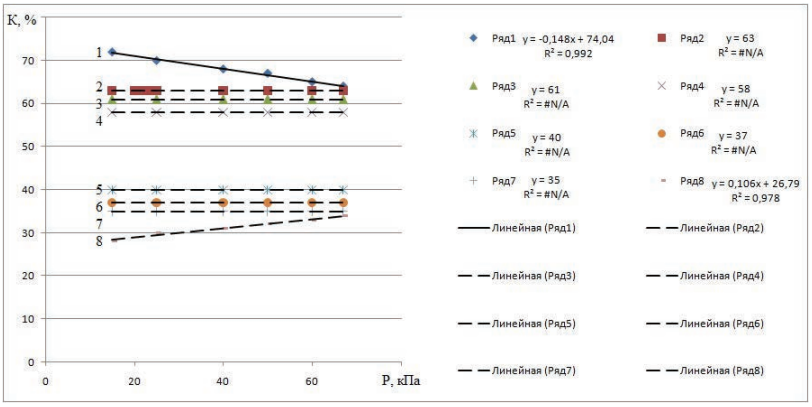


Рисунок 2 – Зависимость соотношения тактов сосания и сжатия мембранно-клапанных и мебранно-поршневых пульсаторов от величины разрежения
Такт сосания: 1 – ДД- 1 - 4М; 2 – ПДД-1; 3 - UNIPULS 2; 4 - L- 80.
Такт сжатия: 5 – L- 80; 6 – UNIPULS 2; 7 – ПДД-1; 8– ДД- 1 - 4М.

Из графических данных рис.3 видим, что в пульсаторе поршневого типа UNIPULS 2 переходные фазы 1и 3 аналогичны и с увеличением разрежения от 20 до 60 кПа увеличиваются соответственно с 5 и 7 до 10 и 12%. Фаза сосания 2 уменьшается с 60 до 50%, а фаза сжатия 4 - с 32 до 25%. Графический характер изменений относительной продолжительности фаз пульсации имеет линейные зависимости с коэффициентом корреляции 0,99.

Из графических данных рис.4 видим, что в пульсаторе поршневого типа L-80 переходные фазы 1и 3 аналогичны и с увеличением разрежения от 20 до 60 кПа увеличиваются соответственно с 3 и 5 до 11 и 13%. Фаза сосания 2 уменьшается с 68 до 55%, а фаза сжатия 4 - с 29 до 21%. Графический характер изменений относительной продолжительности фаз пульсации имеет линейные зависимости с коэффициентом корреляции 0,99.

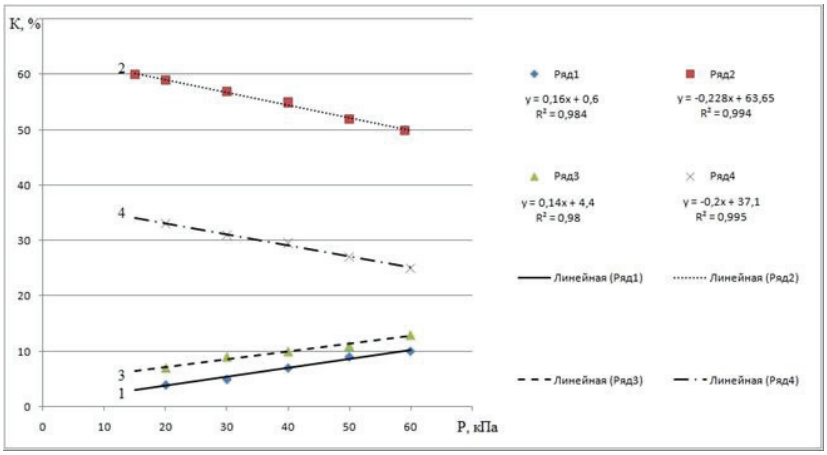


Рисунок 3 –Зависимость фаз пульсации от разрежения в пульсаторе UNIPULS 2
1 – переходная фаза от такта сжатия к такту сосания; 2 – фаза сосания;
3 – переходная фаза от такта сосания к такту сжатия; 4 – фаза сжатия

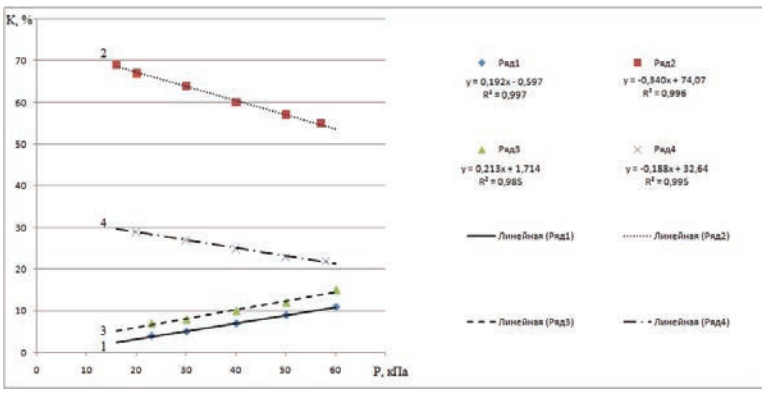


Рисунок 4 –Зависимость фаз пульсации от разрежения в пульсаторе L-80
1 – переходная фаза от такта сжатия к такту сосания; 2 – фаза сосания;
3 – переходная фаза от такта сосания к такту сжатия; 4 – фаза сжатия

Из графических данных рис.5 видим, что в пульсаторе поршневого типа ПДД-1 переходные фазы 1и 3 не аналогичны. Однако, с увеличением разрежения от 30 до 60 кПа относительная их продолжительность увеличивается соответственно с 3 и 5 до 11 и 13%. Фаза сосания 2 уменьшается с 53 до 38%, а фаза сжатия 4 - с 35 до 25%. Графический характер изменений относительной продолжительности фаз пульсации имеет линейные зависимости с коэффициентом корреляции 0,99.

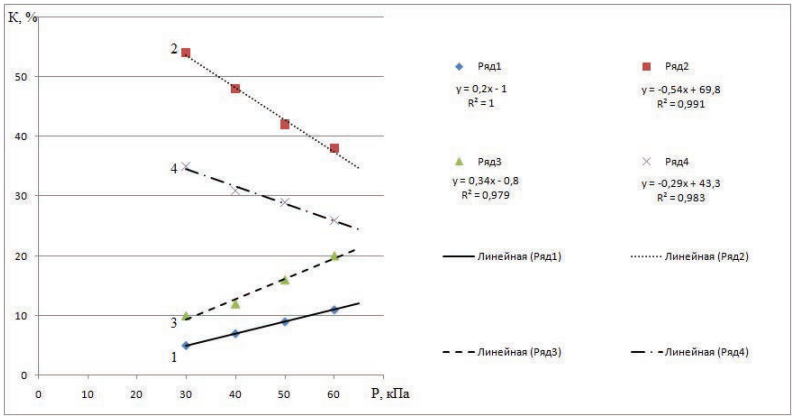


Рисунок 5 –Зависимость фаз пульсации от разрежения в пульсаторе ПДД-1
1 – переходная фаза от такта сжатия к такту сосания; 2 – фаза сосания;
3 – переходная фаза от такта сосания к такту сжатия; 4 – фаза сжатия

Из графических данных рис.6 видим, что в пульсаторе клапанного типа ДД-1-4М переходные фазы 1и 3 не аналогичны. С увеличением разрежения от 30 до 60 кПа переходная фаза 1 от такта сжатия к такту сосания увеличивается с 11 до 16%, а переходная фаза 3 от такта сосания к такту сжатия уменьшается с 18 до 11%. Фаза сосания 2 незначительно увеличивается с 48 до 50%, а фаза сжатия 4 незначительно уменьшается с 20 до 18%. Графический характер изменений относительной продолжительности фаз пульсации имеет линейные зависимости с коэффициентом корреляции 0,99.

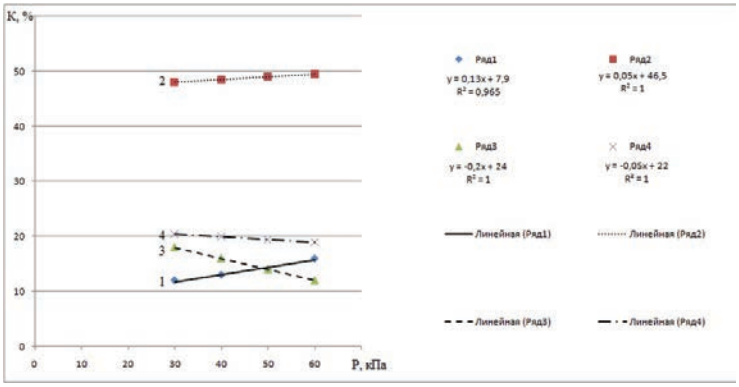


Рисунок 6 –Зависимость фаз пульсации от разрежения в пульсаторе ДД-1-4М
1 – переходная фаза от такта сжатия к такту сосания; 2 – фаза сосания;
3 – переходная фаза от такта сосания к такту сжатия; 4 – фаза сжатия

Список литературы

1. *Мкртумян В.С., Стремнин В.А. Оценка надежности доильных машин // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1968,№ 3,С.15-19.*
2. *Кокорина Э.П. Высшая нервная деятельность и лактация.//Физиология и биохимия лактации. Л.,1972, С.38-58.*
3. *Шевчук Н. О. Исследования и оптимизация основных эксплуатационных параметров двухтактных доильных аппаратов: Автореф. дис. … канд. техн. наук. – Минск, 1980, 20 с.*
4. *Горм С.Я. Отсасывающая способность доильных аппаратов.// Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1970, №12, С.21-23.*
5. *Козлов А.Н. Повышение работоспособности доильной установки. Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. — 2013. — Т. 66. — С. 42-47.*
6. *Козлов А.Н. Повышение работоспособности доильных аппаратов/ Челябинск: Изд.центр Южно-Уральского ГАУ, 2016г.- 99с.*
7. *Юлдашев Ф. Новости в технике и технологии на молочно-товарных фермах // Междунар. с.-х. ж., 1996, № 6, С.60…61.*
8. *Радоманский В.М., Балашов А.В. Стабилизация режима работы пульсатора // Механизация и электрификация, сельского хозяйства 1974, №4, С.21-23.*
9. *Краснов И.Н. Доильные аппараты.-Изд. Ростовского университета, 1974г. 198с.*
10. *Козлов А. Н. Эффективность эксплуатации поршневых пуль саторов доильных аппаратов // Информ. листок 74 015 11. Челябинск,2011,4с.*

RESEARCH OF OPERATING MODES MILKING MACHINE'S PULSATOR

Kozlov AN, Ph.D., associate professor (Yu-UGAU),
(Tel: 89026194119 E-mail: ankozlov2016@yandex.ru)

Annotation. The analysis of the modes of operation of the valve membrane- pulsators DD-4-1M of a 2 stroke ADU-1 apparatusis is given , as well as the of membrane-piston type pulsators Interpuls L-80 (Italy), UNIPULS2 SAK (Denmark), SDA-1 machine ;"Doyar-K "(Kurganselmash). There was an inverse-square dependence of the ripple frequency from increased loss in the membrane-valve found and direct quadratic dependence of the membrane piston pulsators found. Dependence of the phase transition from contraction to sucking and compression, as well as sucking and compression phases do not depend on frequency of pulsation which provides an adequate effect on cows' milking organ.