УДК: 631.3.031
DOI: 10.30987/1999-8775-2021-10-22-26

О.Е. Широбокова, Ю.Е. Кисель, Д.А. Безик

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Предложена технология безваннового железнения деталей в потоке электролита с одновременным гидромеханическим активированием наращиваемой поверхности, показаны ее преимущества перед традиционным видом нанесения покрытий. Разработан типовой технологический процесс железнения деталей. Выполнены стендовые и полевые испытания гидрораспределителей с восстановленными золотниками, которые подтвердили результаты лабораторных исследований и высокую эффективность предлагаемой технологии. Использованы лабораторные методы исследования - проведены испытания технологического процесса, установки и оснастки для восстановления золотников гидрораспределителей. Новизной работы является выявление режимов получения качественных электрохимических покрытий из потока электролита с одновременным гидромеханическим активированием наращиваемой поверхности. Разработаны и предложены производству технологический процесс, установка и оснастка нанесения покрытий на золотники гидрораспределителей.

Ключевые слова: прочность, сцепление, микротвердость, износостойкость, технологический процесс, ячейка.

O.E.Shirobokova, Yu.E. Kisel, D.A. Bezik

APPLICATION OF ELECTRICAL TECHNOLOGIES FOR THE RESTORATION OF AGRICULTURAL MACHINERY PARTS

The technology of non-galvanized ironing of parts in the electrolyte flow with simultaneous hydromechanical activation of the plated surface is proposed, its advantages over the traditional type of coating are shown. The technological process of coating hydraulic control valve spools has been developed. The technological process of restoring spools consists of the following operations: preliminary surface preparation (mechanical treatment), degreasing, washing, anodic treatment, electrodeposition and final mechanical treatment. The designs of the installation and the electrochemical cell for ironing hydraulic control valve spools, providing optimal hydrodynamic conditions when applying coatings on worn surfaces, are proposed. Optimal modes and composition of ironing electrolyte have been defined, providing a high rate of precipitation growth (1.5...3 mm/h), adhesion strength and wear resistance of coatings. Bench and field tests of hydraulic valves with restored spools were performed, which confirmed the results of laboratory studies and the high efficiency of the proposed technology.

Key words: strength, adhesion, microhardness, wear resistance, technological process, cell.

Введение

Способ восстановления деталей сельскохозяйственных машин электролитическим железнением отличается высокими технико-экономическими показателями: низкой стоимостью применяемых исходных химических материалов; высокими выходом металла по току (до 95 %) и скоростью осаждения осадков (до 0,5 мм/ч), относительно высокой твердостью (до 7 ГПа) и износостойкостью покрытия. Толщина покрытия может достигать до 1,5 мм. Себестоимость восстановления деталей железнением не превышает 30 % от стоимости новой детали при сохранении высокой долговечности.

Для упрощения технологического процесса электроосаждения металла разработан безванный метод нанесения покрытий в потоке электролита-суспензии [1-5]. При помощи приспособлений восстанавливаемую деталь помещают в ячейку или поверхность, подлежащую восстановлению, превращают в закрытую гальваническую ванну. При этом электролит подается насосом к месту нанесения покрытий. В этом случае нет необходимости применять ванны больших размеров, изолировать поверхности, не подлежащие покрытию, применять подвесные устройства. Нанесение железных осадков в потоке

электролита с одновременным гидромеханическим активированием наращиваемой поверхности позволяет значительно повысить производительность процесса.

В результате лабораторных исследования [6, 7] были установлены оптимальные режимы и состав электролита железения, обеспечивающие высокую скорость роста осадков (1,5…3 мм/ч), прочность сцепления и износостойкость покрытий: скорость потока электролита – 3…4 м/с, содержание частиц в электролите – 80…120 г/л, $Д_к$ – 150…300 А/дм^2. Соблюдение рекомендуемых режимов электролиза позволяет получать покрытия с износостойкостью в 1.5…2 раз большей по сравнению со сталью 65Г закаленной (серийного лемеха) и в 3…5 раз чем со сталью 35 нормализованной. На основе лабораторных исследований был разработан типовой технологический процесс восстановления деталей сельхозмашин безванновым железением, который был апробирован на примере восстановления золотников гидрораспределителей Р100 и Р160.

Целью работы было разработать и испытать общую технологическую схему восстановления золотников безванновым железнением, осуществить опытную проверку работоспособности деталей с покрытиями в условиях полевой эксплуатации и выполнить технико-экономическую оценку технологии.

Методика исследований

Технологический процесс восстановления золотников включал следующие операции: предварительной подготовки поверхности (механическая обработка), обезжиривание, промывка, анодная обработка, электроосаждение и окончательная механическая обработка.

Предварительную механическую обработку восстановленных золотников проводили шлифованием на режимах, рекомендованных для закаленных сталей [8].

Нанесение покрытий проводили на опытной установке проточного железнения в лаборатории института энергетики и природопользования Брянского ГАУ (рис. 1).

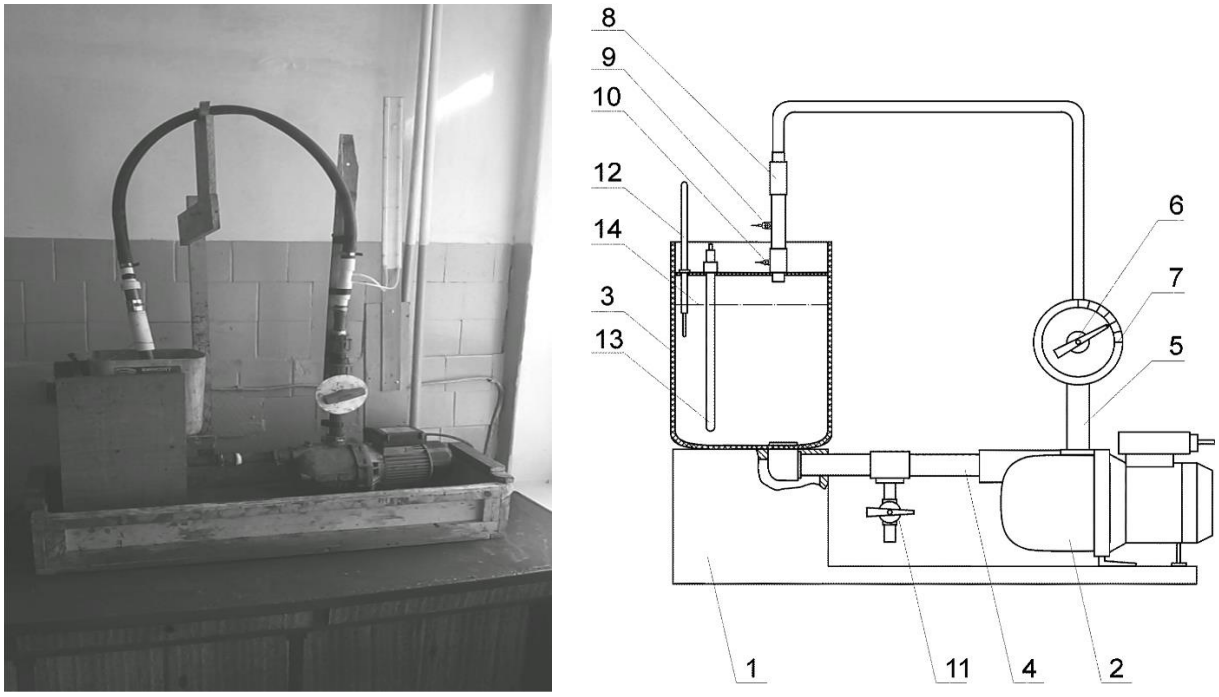
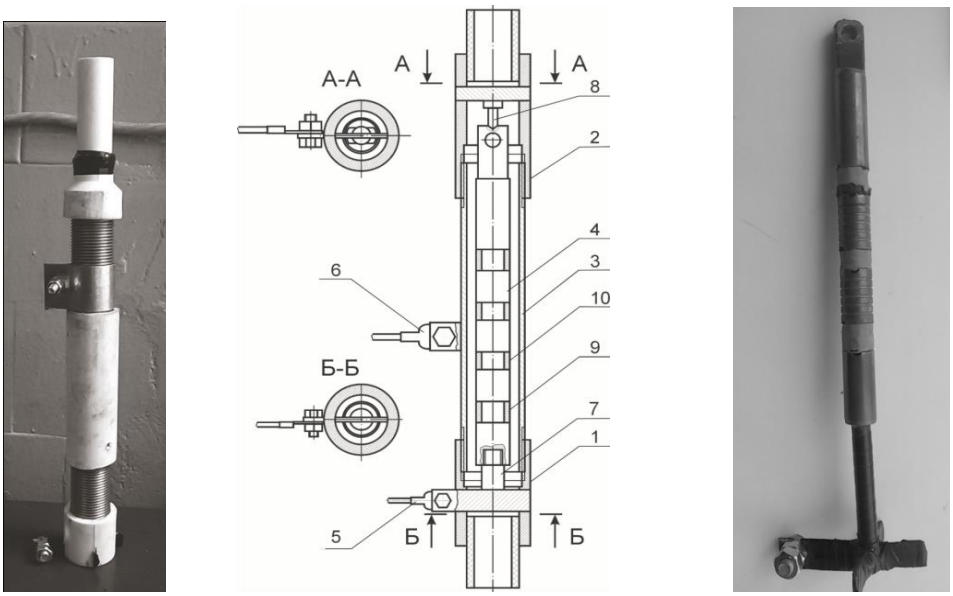


Рис. 1. Общий вид (а) и схема (б) экспериментальной установки для нанесения покрытий на золотники: 1 – основание; 2 – мотор-насос; 3 – ванна (0,01 м^3); 4 – всасывающий трубопровод; 5 – подающий трубопровод; 6 – кран регулировочный; 7 – диск со шкалой; 8 – ячейка; 9 – клемма питания анода; 10 – клемма питания катода; 11 – кран сливной; 12 – термометр; 13 – контактный нагреватель; 14 – уровень электролита

Установка для нанесения покрытия на золотники гидрораспределителей включала электролизеры, источник тока, термостат, приборы для регулирования и контроля параметров электролиза (рис. 1). Для восстановления золотников гидрораспределителей Р100 была разработана электрохимическая ячейка, обеспечивающая оптимальные гидродинамические условия при нанесении покрытий на изношенные поверхности (рис. 2).



а) б) в)

Рис. 2. Общий вид – а; б - схема ячейки (б); в - золотник гидрораспределителя Р 100 после нанесения покрытия:
1, 2 – штуцер для подключения к установке; 3 – анод; 4 – золотник гидрораспределителя (катод); 5, 6 – клеммы питания; 7, 8 – направляющие; 9, 10 – фторопластовые изоляторы

Источником тока служил выпрямители типа ВСА-50. Раствор в ванне железнения (объемом 15 литров) подогревался и стабилизировался по температуре с точностью ±1 ^{0}С с помощью термостата. Кислотность электролита контролировали ионометром ЭВ-74 с точностью ± 0,05 pH.

Обезжиривание деталей проводили венской известью. Состав электролита железнения: $FeCl_2 \cdot 4H_2O$ - 500-550 кг/м^3, электрокорунд белый (марки *F*100) – 80…100 г/л. Режимы нанесения покрытий: pH - 0,3-0,5; $Д_к$ - 100-500 А/дм^2; *T* = 40-50 °С; скорость потока ЭС- 3-4 м/с.

Анодную обработку выполняли в электролите железнения при скорости потока и содержание абразивных частиц не менее 3 м/с и 80 г/л соответственно. Режимы анодной обработки: *T* – 100…120 секунд, $Д_а$ – 6…10 кА/м^2.

Электроосаждение покрытия начинали с выхода на рабочий режим, который осуществляли в 3 этапа: устанавливали начальную плотность тока 0,05…0,2 кА/м^2 в течение 200…300 сек.; ступенчатое увеличение плотности тока до 5…10 кА/м^2 в течение 300…480 сек.; выход на рабочий режим в течение 60…180 сек. Скорость потока электролита на первом этапе выхода по току 1…1,5 м/с, на втором этапе выхода на режим - 3…5 м/с. В дальнейшем, процесс электроосаждения вели на рабочем режиме.

После нанесения покрытия золотники промывали холодной водой и нейтрализовали в растворе каустической соды.

Восстановленные золотники шлифовали до требуемых размеров и притирали. Для определения припуска на окончательную механическую обработку поверхности золотников гидрораспределителей применяли методику [8].

Изношенные отверстия корпусов гидрораспределителей восстанавливали алмазным хонингованием и притиркой. Регулировку гидрораспределителей после сборки выполняли на стенде КИ-4815М.

Технологический процесс апробировали на участке ремонта гидрораспределителей ООО "ГидроРемСервис". Испытания гидрораспределителей с восстановленными золотниками проводили в хозяйствах Брянской области.

Результаты исследований и их обсуждение

Исследования показали, что при восстановлении золотников гидрораспределителей необходимо выполнить предварительный анализ состояния ремонтного фонда, на основе которого определяется основные составляющие величины припуска на предварительную механическую обработку [8]. При ванновом железнении для повышения эффективности восстановления деталей, как правило, рекомендуется разделить детали на размерные группы в зависимости от величины износа и установить для каждой группы необходимую продолжительность нанесения покрытий. При проточном железнении эту операцию можно исключить.

Учитывая, что исходная шероховатость деталей развивается в результате роста осадков, целесообразно предварительную механическую обработку завершить доводочными операциями (чистовым шлифованием и хонингованием). В этом случае сокращается припуск на окончательную механическую обработку и, соответственно, количество операций окончательной механической обработки покрытия.

Существенное упрощение технологии скоростного электроосаждения может быть достигнуто при выполнении операции анодной обработки и электроосаждения покрытия в рабочем электролите. Режимы необходимо уточнять в зависимости от марки стали, из которой изготовлен золотник.

Время выхода на рабочий режим электроосаждения можно значительно сократить, если на начальном этапе установить высокую рабочую скорость потока электролита (6…8 м/с). В этом случае начальные плотности тока могут быть увеличены (до 1…3 кА/м^2).

Полевые испытания гидрораспределителей с восстановленными золотниками проводили на двух тракторах ЮМЗ-6, выполнявших различные виды сельскохозяйственных работ. Опытные гидрораспределители работали в период с марта 2018 г. по февраль 2020 г. Неисправностей гидрораспределителей за период эксплуатации выявлено не было. Таким образом, результаты эксплуатационных испытаний полностью подтвердили лабораторные исследования. Технологический процесс был принят к внедрению на ряде предприятий Брянской области.

Технико-экономическая оценка технологии восстановления деталей железнением при нестационарных режимах электролиза, выполненная на примере золотников гидрораспределителей, показала ее высокую эффективность в сравнении с ванновым способом. Основные факторы, определяющие эффективность технологии:

– сокращение производственных площадей, занятых технологическим оборудованием за счет изменения технологической схемы процесса и применения одного и того же выпрямителя на операциях анодной обработки и нанесения покрытий;

–- сокращение затрат времени и электроэнергии на восстановление деталей за счет увеличения производительности процесса железения и сокращения числа операций;

– уменьшение затрат материалов для приготовления электролитов за счет сокращения операции анодной обработки и промывок;

– повышение надежности технологии за счет улучшения ее структурной схемы.

Выводы

Разработаны технологический процесс, установка и оснастка нанесения покрытий на золотники гидрораспределителей.

Проведена опытно-производственная проверка технологии, показавшая высокую эффективность и целесообразность ее внедрения на ремонтных предприятиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Юдин, В. М.** Восстановление посадочных отверстий корпусных деталей гальваническими покрытиями / В. М. Юдин, М. Н. Вихарев, Д. Б. Слинко // Технический сервис машин. – 2019. – № 4 (137). – С. 152-159.
2. **Спицын, И. А.** Восстановление чугунных деталей сельскохозяйственной техники гальваническим цинкованием с механической активацией катодной поверхности / И. А. Спицын, В. М. Юдин, Ю. А. Захаров, И. Г. Голубев // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 9 (279). – С. 38-42.
3. **Технология ремонта машин** / Под ред. Е. А. Пучина. – Москва: КолосС, 2007. – 488 с.
4. **Кисель, Ю. Е.** Влияние дисперсной фазы на коэффициент вариации микротвердости композиционных электрохимических покрытий / Ю. Е. Кисель, Г. В. Гурьянов // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2009. – № 3 (51). – С. 18-20.
5. **Кисель, Ю. Е.** Повышение долговечности деталей сельскохозяйственной техники электротермической обработкой композиционных электрохимических покрытий: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Ю. Е. Кисель. – Саратов, 2014. – 37 с.
6. **Гурьянов, Г. В.** Повышение износостойкости деталей электрохимическими сплавами на основе железа / Г. В. Гурьянов, Ю. Е. Кисель, А. Н. Лысенко, А. А. Обозов // Сельский механизатор. – 2017. – № 2. – С. 34-35.
7. **Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов**: справочник / В. И. Баранников [и др.]. – М.: Машиностроение, 1990. – 373 с.

1. **Yudin, V. M., Vikharev, M. N., Slinko, D. B.** Restoration of Landing Holes of Body Parts by Galvanic Coating. *Tekhnicheskii Servis Mashin*, 2019, no. 4 (137), pp. 152-159.
2. **Spitsyn, I. A., Yudin, V. M., Zakharov, Yu. A., Golubev, I. G.** Reconditioning of Cast-iron Parts of Agricultural Machinery through Galvanizing along with Mechanical Activation of the Cathode Surface. *Machinery and Equipment for Rural Area*, 2020, no.9 (279), pp. 38-42.
3. **Puchina, E. A.** Machine Repair Technology. Moscow, KolosS, 2007.488 c.
4. **Kisel, Yu. E., Guryanov, G. V.** The effect of the Dispersed Phase on the Coefficient of Microhardness Variation of Composite Electrochemical Coatings, *Uprochnyaushchie Tekhnologii I Pokrytiya*, 2009, no. 3 (51), pp. 18-20.
5. **Kisel, Yu. E.** Increasing the Durability of Agricultural Machinery Parts by Electrothermal Treatment of Composite Electrochemical Coatings. Extended Abstract of D.Sc.Thesis, Saratov, 2014. 37 p.
6. **Guryanov, G. V., Kisel, Yu. E., Lysenko, A. N., Obozov, A. A.** Increasing the Wear Resistance of Parts by Electrochemical Iron-based Alloys. *Selskiy Mechanizator*, 2017, no. 2, pp. 34-35.
7. **Barannikov, V.I.** Progressive Cutting Tools and Metal Cutting Modes. Reference Book. Moscow, Mashinostroenie, 1990. 373 p.

Ссылка для цитирования:

Широбокова, О.Е. Применение электротехнологий для восстановления деталей сельскохозяйственной техники / О.Е. Широбокова, Ю.Е. Кисель, Д.А. Безик // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2021. - № 10. – С. 22 - 26 . DOI: 10.30987/1999-8775-2021-10-22-26.

Статья поступила в редакцию 31.05.21.
Рецензент: д.т.н., доцент Брянского государственного технического университета Пугачев А.А., член редсовета журнала «Вестник БГТУ».
Статья принята к публикации 27.09.21.

Сведения об авторах:

Широбокова Ольга Евгеньевна, к.т.н., доцент кафедры «Электроэнергетика и электротехнологии» Брянского государственного аграрного университета, e-mail: shirobokova_70@mail.ru.
Кисель Юрий Евгеньевич, д.т.н., профессор кафедры «Электроэнергетика и электротехнологии» Брянского государственного аграрного университета, e-mail: ypk2@mail.ru.
Безик Дмитрий Александрович, к.т.н., доцент кафедры «Автоматика, физика и математика» Брянского государственного аграрного университета, e-mail: kjee@ mail.ru.

Shirobokova Olga Evgenyevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electric Power Industry and Electrical Technologies at Bryansk State Agrarian University. E-mail: shirobokova_70@mail.ru.
Kisel Yuriy Evgenyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Electric Power Industry and Electrical Technologies at Bryansk State Agrarian University. E-mail: ypk2@mail.ru .
Bezik Dmitriy Aleksandrovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automation of Physics and Mathematics at Bryansk State Agrarian University. E-mail: kjee@ mail.ru.