gosudarstvennogo universiteta. 2011. – №5-2(38). – S. 116-118.

10. Akul'shin A.A. Issledovanie sostava i metodov ochistki stochnyh vod, obrazujushhihsja v processe mehanicheskoj obrabotki polupronikovyh materialov // Tezisy dokladov jubilejnoj konferencii uchjonyh Kurskogo politehnicheskogo instituta. – Kursk, 1994. – S. 113-114.

11. Akul'shin A.A., Dahov N.K. Ochistka sochnyh vod predprijatij po proizvodstvu poluprovodnikovyh jelementov ot soedinenij mysh'jaka // Sovremennye jekologicheskie problemy provincii: mater. mezhdunar. jekologicheskogo foruma. – Kursk, 1995. – S. 5-6.

12. Akul'shin A.A. , Dahov N.K. Metod raschjota parametrov processa fil'trovanija promstokov cherez cilindricheskie poristye fil'trujushhie jelementy // Ohrana okruzhajushhej sredy i racional'noe ispol'zovanie prirodnyh resursov: materialy nauchno-prakticheskoj konferencii. – Kursk, 1995. – S.121-123.

13. Kristal Z.B., Danilenko N.V. Podbor i opredelenie rezhimov raboty fil'troval'nogo oborudovanija s pomoshh'ju laboratornyh modelej. – M. : Medicina, 1970. – 56 s.

14. Razdelenie suspenzij v himicheskoj promyshlennosti / T.Zh. Malinovskaja, N.N. Kobrinskij, O.S. Kirsanov, V.V. Rejnfart. – M.: Himija, 1983. – 264 s.

15. Muzhikov V.N. Fil'trovanie. Teorija i praktika razdelenija suspenzij. – M.: Himija, 1980. – 400 s.

16. Teorija i raschjot fil'trovanija suspenzij / P.A.Shankin, D.N.Gudin [i dr.]. – M., 1977. – 108 s.

17. Turovskij K.S. Obrabotka osadkov stochnyh vod. – M.: Strojizdat, 1982. – 223 s.

18. Metodika opredelenija kojefficientov fil'tracii vodozabora infil'tracionnogo tipa g. Kurska / Al.A. Akul'shin, V.V. Bredihin, N.V. Bredihina, A. A. Akul'shin, V.S. Pereverzeva // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Tehnika i tehnologii. – 2016. – №1(18). – S. 88-92.

УДК 621.762.227

Е.В. Агеева, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: ageeva-ev@yandex.ru)

С.В. Пикалов, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: drevojog@gmail.com)

В.Ю. Карпенко, канд. техн. наук, ст. преподаватель, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: omegav@rambler.ru)

М.А. Зубарев, студент, , ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: koy747@gmail.com)

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ ОБРАБОТКОЙ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Во многих случаях свойства электроискровых покрытий изношенных деталей зависят от состава, структуры и свойств электродного материала. С практической точки зрения, наибольший интерес представляют электроды с наноразмерными частицами. Выполненный анализ опубликованных научных работ показал, что наиболее перспективным методом получения наноразмерных материалов является метод электроэрозионного диспергирования.

Цель настоящей работы – исследование электроискровых покрытий восстановленных и упрочненных изношенных деталей химического и нефтегазового оборудования электродами из электроэрозионных наноматериалов.

При получении порошка для электроискровой обработки изношенных деталей использовалась установка для электроэрозионного диспергирования и отходы быстрорежущей стали марки Р6М5. В качестве рабочей жидкости использовалась вода дистиллированная. Рабочие параметры установки электроэрозионного диспергирования: напряжение на электродах реактора U=120 В, емкости разрядных конденсаторов С=55 мкФ, расстояние между электродами реактора l=100 мм.

Электрод для электроискровой обработки изношенных деталей получали из электроэрозионных порошков на установке искрового плазменного спекания путем пропускания высокоамперного тока через заготовку при температуре 950 °С в течение 3 минут.

Материал образца для электроискровой обработки – сталь 30ХГСА.

Электроискровое покрытие на образец наносили с использованием установки для электроискровой обработки модели «UR-121».

Параметры электроискровой обработки: режим №7, напряжение 220 В, емкость 360 мкФ, частота следования импульсов 100 Гц.

При решении поставленных задач использовались современные методы испытаний и исследований.

По результатам производственных испытаний установлено, что продолжительность работы (ресурс) образцов с восстановленным методом электроискровой обработки наноструктурным электродом валом увеличилась в 1,5 раза по сравнению с неупрочненным валом.

Ключевые слова: *изношенные детали, электроэрозионное диспергирование, наноматериалы, электроискровая обработка.*

***

Отсутствие необходимой номенклатуры запасных частей является одним из главных факторов снижения уровня технической готовности химического и нефтегазового оборудования. Поэтому одним из основных источников экономической эффективности ремонта подобного оборудования является восстановление изношенных деталей. Восстановление изношенных деталей обеспечивает экономию металла, топлива, энергетических и трудовых ресурсов, а также рациональное использование природных ресурсов и охрану окружающей среды. Для восстановления работоспособности изношенных деталей требуется в 5…8 раз меньше технологических операций по сравнению с изготовлением новых деталей.

Выбором рациональных методов восстановления деталей начали заниматься с появлением промышленных видов ремонта. Как показывает практика, порядка 85% деталей восстанавливаются при износе не более 0,3 мм, то есть их работоспособность восстанавливается при нанесении покрытия незначительной толщины. Для восстановления деталей с такими износами наиболее целесообразно использовать электроискровую обработку (ЭИО). ЭИО отличается технологической гибкостью, дешевизной и позволяет получать покрытия с широким диапазоном свойств.

Упрочнение деталей химического и нефтегазового оборудования методами электроискровой обработки применяют в целях повышения: износостойкости; твердости; жаростойкости; коррозионной стойкости; долговечности; создания шероховатости под последующее гальваническое покрытие; облегчения пайки обычным припоем труднопаяемых материалов (нанесение промежуточного слоя, например меди); увеличения размеров изношенных деталей машин при ремонте; изменения свойств поверхностей изделий из цветных металлов и инструментальных сталей [1-5].

Однако во многих случаях свойства электроискровых покрытий изношенных деталей зависят от состава, структуры и свойств электродного материала. С прак-

тической точки зрения, наибольший интерес представляют электроды с наноразмерными частицами. Выполненный анализ опубликованных научных работ показал, что наиболее перспективным методом получения наноразмерных материалов является метод электроэрозионного диспергирования (ЭЭД) [6-17].

Целью настоящей работы являлось исследование электроискровых покрытий восстановленных и упрочненных изношенных деталей химического и нефтегазового оборудования электродами из электроэрозионных наноматериалов.

При получении порошка для электроискровой обработки изношенных деталей использовалась установка для электроэрозионного диспергирования и отходы быстрорежущей стали марки Р6М5. В качестве рабочей жидкости использовалась вода дистиллированная. Рабочие параметры установки электроэрозионного диспергирования: напряжение на электродах реактора U=120 В, емкости разрядных конденсаторов С=55 мкФ, расстояние между электродами реактора l=100 мм.

Электрод для электроискровой обработки изношенных деталей получали из электроэрозионных порошков на установке искрового плазменного спекания путем пропускания высокоамперного тока через заготовку при температуре 950 °С в течение 3 минут.

Материал образца для электроискровой обработки – сталь 30ХГСА.

Электроискровое покрытие на образец наносили с использованием установки для электроискровой обработки модели «UR-121».

Параметры электроискровой обработки: режим №7, напряжение 220 В, емкость 360 мкФ, частота следования импульсов 100 Гц.

При решении поставленных задач использовались современные методы испытаний и исследований, в том числе: шероховатость поверхности образцов исследовали на профилометре SURTRONIC 25; металлографические исследования (микроструктуру, толщину слоя покрытия, состояние поверхности покрытия) проводили с помощью оптического инвертированного микроскопа «OLYMPUS GX51» и электронно-ионного сканирующего микроскопа «Quanta 200 3D»; микротвердость покрытий определяли с помощью микротвердомера «AFFRI DM-8» и др.

Результаты исследования шероховатости поверхности электроискровых покрытий образца приведены на рис. 1.

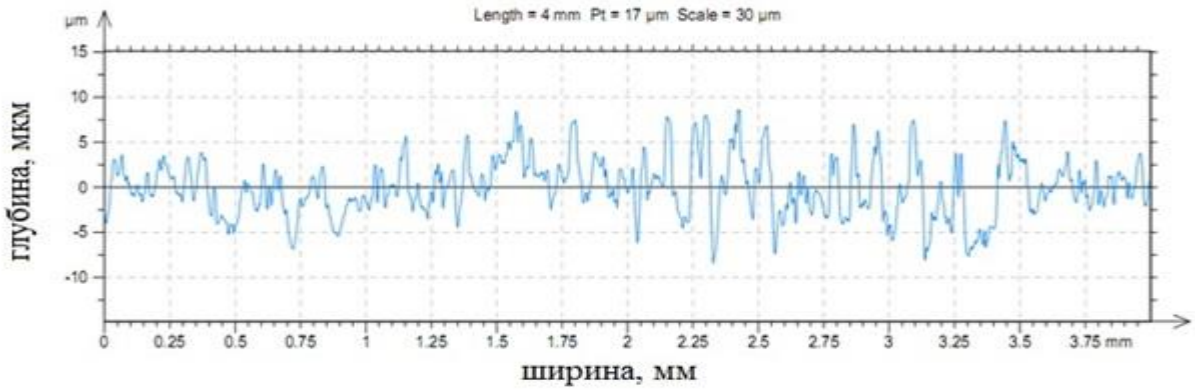


Рис. 1. Шероховатость поверхности электроискровых покрытий образца («SURTRONIC 25»)

Экспериментально было установлено, что шероховатость образцов с электроискровым покрытием составляет Rz 13,2 мкм (Ra 2,14 мкм).

Результаты исследования микроструктуры и состояния поверхности электроискровых покрытий образцов приведены на рис. 2.

Экспериментально установлено, что электроискровые покрытия, полученные электродным материалом из электроэрозионных порошков быстрорежущей стали, имеют толщину от 20 мкм до 30 мкм.

Результаты измерений микротвердости подложки и электроискрового покрытия приведены в таблице.

Значения микротвердости HV, ГПа

Номер отпечатка	Подложка (Сталь 30ХГСА)	Покрытие (БРС)
1	1,88	2,22
2	1,98	2,86
3	2,02	4,61
4	2,11	12,14
5	2,19	9,29
6	2,13	9,46
7	2,15	15,06
8	2,20	4,39
9	2,17	6,50
10	2,11	5,12
Среднее значение	2,09	4,36

Отмечено, что среднее значение микротвердости покрытия, которое получено электродным материалом из электроэрозионных порошков быстрорежущей стали, имеет большую микротвердость, чем у подложки, в 2,1 раза.

Разброс значений микротвердости по поверхности связан с неравномерным распределением частиц БРС в электроискровом покрытии (рис. 2).

Пористость электроискрового покрытия определяется с помощью микроскопа «Quanta 200 3D» на поперечном сечении шлифа по формуле

$$C_{пор} = \frac{A_{пор}}{A_{общ}} \cdot 100\%, \qquad (1)$$

где $A_{пор}$ – суммарная площадь пор на исследуемом сечении;

$$A_{пор} = \sum_{i=0}^{к} A_i, , \qquad (2)$$

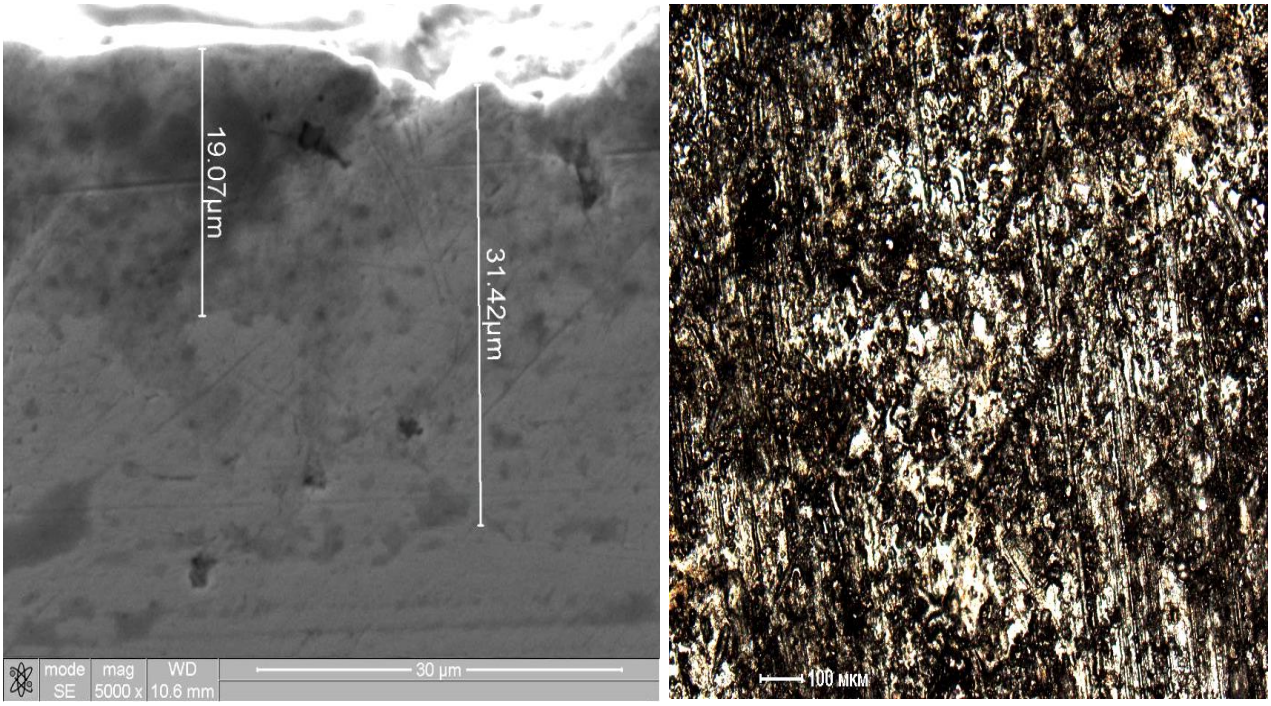
где A_i – площадь i поры; $A_{общ}$ – площадь участка исследуемого покрытия на поперечном сечении шлифа.

Величина, обратная пористости, – плотность, является отношением площади поверхности без пор к общей площади:

$$C_{пл} = \frac{A_{общ} - A_{пор}}{A_{общ}} \cdot 100\%, \qquad (3)$$

Исследования показали, что величина пористости покрытий после электроискровой обработки наноструктурными электродами составляет 5 %.

Для расчета τ прочности сцепления электроискрового покрытия нагрузку (F), предшествующую разрушению покрытия, определяли с помощью графика, представленного на рис. 3.



а) б)

Рис. 2. Микроструктура образца с электроискровым покрытием:
а − поперечный шлиф («Quanta 200 3D»); б – поверхность («OLYMPUS GX51»)

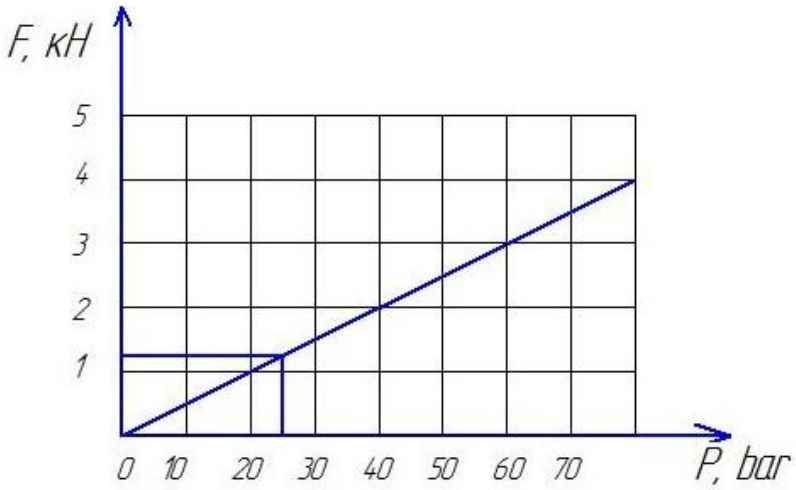


Рис. 3. График зависимости силы, развиваемой прессом, от давления в гидросистеме

Таким образом, с учетом исходных и полученных данных прочность сцепления электроискрового покрытия, полученного с использованием наноструктурированного электрода, составила 38,1 МПа.

В процессе испытания вырывов или отслаиваний покрытий не наблюдалось.

Анализ литературных источников [1-3] и проведенные исследования показывают, что прочность сцепления покрытий, образованных ЭИО, находится на уровне наплавочных методов.

Производственные испытания проводились на универсальном безмоторном стенде, моделирующем изнашивание высокоскоростного подшипникового узла по методике абразивного изнашивания.

Для моделирования ускоренного изнашивания образцов с электроискровыми покрытиями в систему смазки вводили абразивный порошок. Испытания проводили с порошками следующего фракционного состава: 0,1…..0,4 мм. Масса засыпаемой один раз в 1 ч порции порошка составляла 0,25 г.

По результатам производственных испытаний установлено, что продолжительность работы (ресурс) образцов с восстановленным методом электроискровой обработки наноструктурным электродом валом увеличилась в 1,5 раза по сравнению с неупрочненным валом. Так, при введении абразивного материала, содержащего фракцию размером 0,1….0,4 мм, время работы образцов с покрытием составило 12,8 часа, а время работы без покрытия – 8,1 часа.

Выводы

Исследованы электроискровые покрытия восстановленных и упрочненных изношенных деталей химического и нефтегазового оборудования электродами из электроэрозионных наноматериалов, а именно:

1. Шероховатость составляет Rz 13,2 мкм (Ra 2,14 мкм).

2. Толщина покрытия составляет от 20 мкм до 30 мкм.

3. Среднее значение микротвердости составляет 4,36 ГПа.

4. Пористость составляет 5 %.

5. Прочность сцепления составляет 38,1 МПа.

6. По результатам производственных испытаний установлено, что продолжительность работы (ресурс) образцов с восстановленным методом электроискровой обработки наноструктурным электродом валом увеличилась в 1,5 раза по сравнению с неупрочненным валом.

«Данное научное исследование проводится при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере по программе «УМНИК» по теме "Разработка пластин для режущего инструмента с добавлением вольфрамсодержащих наноразмерных частиц" в рамках договора №9633ГУ/2015 от 01.02.2016 г.».

Список литературы

1. Электроискровые технологии восстановления и упрочнения деталей машин и инструментов (теория и практика) / Ф.Х. Бурумкулов, П.П. Лезин, П.В. Сенин [и др.]; МГУ им. Н.П.Огарева. – Саранск: Красный Октябрь, 2003. – 504 с.

2. Восстановление и упрочнение деталей электроискровым методом / Ф. Х. Бурумкулов, А. В. Беляков, Л. М. Лельчук [и др.] // Сварочное производство. – 1998. – № 2. – С. 23–31.

3. Восстановление деталей машин: справочник / Ф. И. Пантелеев, В. П. Ляпкин, В. П. Иванов [и др.]; под ред. В. П. Иванова. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.

4. Батищев А. Н., Голубев И. Г., Ляпкин В. П. Восстановление деталей сельскохозяйственной техники. – М.: Информагротех, 1995. – 296 с.

5. Новиков А. Н., Стратулат М.П., Севостьянов А.Л. Восстановление и

упрочнение деталей автомобилей: учебное пособие. – Орел: ОрелГТУ, 2006. – 336 с.

6. Ageeva E.V., Ageev E.V., Horyakova N.M. Morphology of Copper Powder Produced by Electrospark Dispersion from Waste // Russian Engineering Research. – 2014. – Vol. 34, No. 11. – P. 694–696.

7. Ageeva E.V., Ageev E.V., Horyakova N.M. Morphology and Composition of Copper Electrospark Powder Suitable for Sintering // Russian Engineering Research. – 2015. – Vol. 35, No. 1. – P. 33–35.

8. Ageev E.V., Latypov R.A., Ageeva E.V. Investigation into the Properties of Electroerosive Powders and Hard Alloy Fabricated from Them by Isostatic Pressing and Sintering // Russian Journal of Non-Ferrous Metals. – 2015. – Vol. 56, No. 1. – P. 52–62.

9. Ageeva E.V., Ageev E.V., Karpenko V.Yu. Nanopowder Produced from High-Speed Steel Waste by Electrospark Dispersion in Water // Russian Engineering Research. – 2015. – Vol. 35, No. 3. – P. 189–190.

10. Агеева Е.В., Агеев Е.В., Хорьякова Н.М. Изготовление заготовок из медных порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов электротехнической меди и изучение их свойств // Наукоемкие технологии в машиностроении. – 2014. – № 10 (40). – С. 10-13.

11. Исследование химического состава порошков, полученных электроэрозионным диспергированием твердого сплава / Е.В. Агеев, Б.А. Семенихин, Е.В. Агеева, Р.А. Латыпов // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2011. – № 5-1 (38). – С. 138-144.

12. Агеев Е.В., Семенихин Б.А., Латыпов Р.А. Исследование микротвердости порошков, полученных электроэрозионным диспергированием твердого сплава // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина». – 2011. – № 1 (46). – С. 78-80.

13. Петридис А.В., Толкушев А.А., Агеев Е.В. Состав и свойства порошков, полученных из отходов твердых сплавов методом электроэрозионного диспергирования (ЭЭД) // Технология металлов. – 2005. – № 6. – С. 13-17.

14. Проведение рентгеноспектрального микроанализа твердосплавных электроэрозионных порошков / Е.В. Агеев, Г.Р. Латыпова, А.А. Давыдов, Е.В. Агеева // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 5-2 (44). – С. 099-102.

15. Агеев Е.В., Агеева Е.В., Хорьякова Н.М. Состав и свойства медных порошков, полученных электроэрозионным диспергированием: монография. – Курск, 2014. – 144 с.

16. Оценка эффективности применения твердосплавных порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов твердых сплавов, при восстановлении и упрочнении деталей композиционными гальваническими покрытиями / Е.В. Агеев, Б.А. Семенихин, Е.В. Агеева, Р.А. Латыпов // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2011. – № 9. – С. 14-16.

17. Использование твердосплавных электроэрозионных порошков для получения износостойких покрытий при восстановлении и упрочнении деталей машин и инструмента / Е.В. Агеев, А.А. Давыдов, Е.В. Агеева, А.С. Бондарев, Е.П. Новиков // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2013. – № 1. – С. 32-38.

Получено 29.09.16

E. V. Ageeva, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: ageeva-ev@yandex.ru)

S. V. Pikalov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: drevojog@gmail.com)

V. Y. Karpenko, Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer, Southwest State University (Kursk) (e-mail: omegav@rambler.ru)

M. A. Zubarev, Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: koy747@gmail.com)

RECONDITIONING AND HARDENING OF WORN-OUT PARTS BY MEANS OF ELECTROSPARKING MACHINING ON THE BASIS OF ELECTROEROSON NANOMATERIALS

In many cases, properties of electrosparking coatings of warn-out parts depend on composition, structure and properties of electrode materials. From a practical standpoint, electrodes with nanosize particles are of main interest. The analysis of published scientific papers revealed that the most promising method for nanosize material obtaining is the method of electroerosion dispersion.

This works is aimed at the research of electrosparking coatings of reconditioned and hardened parts of chemical and gas and oil equipment using electroerosion nanomaterial electrodes.

Electroerosion dispersion unit and P6M5 high-speed steel wastes were used to produce powder for electrosparking machining of worn-out parts. Distilled water was used as a fluid. Operation parameters of the ectroerosion dispersion unit are: reactor electrode voltage U=120 V, energy discharge capacitor capacity C=55 ufd, reactor electrode gap l=100 mm.

The electrode for electrosparking machining of worn-out parts was obtained from electroerosion powders in the spark plasma sintering unit by means of 3-minute high current passage through the workpiece at 950 °C.

Sample material for electrosparking machining is steel 30ХГСА.

The electrosparking coating was applied on the sample by means of electrosparking machining unit «UR-121».

The electrosparking machining parameters are: mode N7, voltage - 220 V, capacity - 360 ufd, pulse-recurrence time – 100 hz.

Up-to-date methods of testing and research were used in solving the set problems.

The performance testing showed that the length of employment (equipment life) of samples with a reconditioned by means of electrosparking machining with a nanostructured electrode increased by 1.5 in comparison with an unhardened rod.

Key words: *worn-out parts, electro-discharge dispertion, nanomaterials, electrosparking machining.*

***

Reference

1. Jelektroiskrovye tehnologii vosstanovlenija i uprochnenija detalej mashin i instrumentov (teorija i praktika) / F.H. Burumkulov, P.P. Lezin, P.V. Senin [i dr.]; MGU im. N.P.Ogareva. – Saransk: Krasnyj Oktjabr', 2003. – 504 s.

2. Vosstanovlenie i uprochnenie de-talej jelektroiskrovym metodom / F. H. Burumkulov, A. V. Beljakov, L. M. Lel'chuk [i dr.] // Svarochnoe proizvodstvo. – 1998. – № 2. – S. 23–31.

3. Vosstanovlenie detalej mashin: spravochnik / F. I. Panteleev, V. P. Ljaljakin, V. P. Ivanov [i dr.]; pod red. V. P. Ivanova. – M.: Mashinostroenie, 2003. – 672 s.

4. Batishhev A. N., Golubev I. G., Ljaljakin V. P. Vosstanovlenie detalej sel'skohozjajstvennoj tehniki. – M.: Informagroteh, 1995. – 296 s.

5. Novikov A. N., Stratulat M.P., Sevost'janov A.L. Vosstanovlenie i uprochnenie detalej avtomobilej: uchebnoe posobie. – Orel: OrelGTU, 2006. – 336 s.

6. Ageeva E.V., Ageev E.V., Horyakova N.M. Morphology of Copper Powder Produced by Electrospark Dispersion from

Waste // Russian Engineering Research. – 2014. – Vol. 34, No. 11. – P. 694–696.

7. Ageeva E.V., Ageev E.V., Horyakova N.M. Morphology and Composition of Copper Electrospark Powder Suitable for Sintering // Russian Engineering Research. – 2015. – Vol. 35, No. 1. – P. 33–35.

8. Ageev E.V., Latypov R.A., Ageeva E.V. Investigation into the Properties of Electroerosive Powders and Hard Alloy Fabricated from Them by Isostatic Pressing and Sintering // Russian Journal of Non-Ferrous Metals. – 2015. – Vol. 56, No. 1. – P. 52–62.

9. Ageeva E.V., Ageev E.V., Karpenko V.Yu. Nanopowder Produced from High-Speed Steel Waste by Electrospark Dispersion in Water // Russian Engineering Research. – 2015. – Vol. 35, No. 3. – P. 189–190.

10. Ageeva E.V., Ageev E.V., Hor'jakova N.M. Izgotovlenie zagotovok iz mednyh poroshkov, poluchennyh jelektrojerozionnym dispergirovaniem othodov jelektrotehnicheskoj medi i izuchenie ih svojstv // Naukoemkie tehnologii v mashinostroenii. – 2014. – № 10 (40). – S. 10-13.

11. Issledovanie himicheskogo sostava poroshkov, poluchennyh jelektrojerozionnym dispergirovaniem tverdogo splava / E.V. Ageev, B.A. Semenihin, E.V. Ageeva, R.A. Latypov // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2011. – № 5-1 (38). – S. 138-144.

12. Ageev E.V., Semenihin B.A., Latypov R.A. Issledovanie mikrotverdo-sti poroshkov, poluchennyh jelektrojerozionnym dispergirovaniem tverdogo splava // Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdenija vysshego professional'nogo obrazovanija «Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet im. V.P. Gorjachkina». – 2011. – № 1 (46). – S. 78-80.

13. Petpidis A.V., Tolkushev A.A., Ageev E.V. Sostav i svojstva poposhkov, poluchennyh iz othodov tvepdyh splavov metodom jelektpojepozionnogo dispepgipovanija (JeJeD) // Tehnologija metallov. – 2005. – № 6. – S. 13-17.

14. Provedenie rentgenospektral'nogo mikroanaliza tverdosplavnyh jelektrojerozionnyh poroshkov / E.V. Ageev, G.R. Latypova, A.A. Davydov, E.V. Ageeva // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2012. – № 5-2 (44). – S. 99-102.

15. Ageev E.V., Ageeva E.V., Hor'jakova N.M. Sostav i svojstva mednyh poroshkov, poluchennyh jelektrojerozionnym dispergirovaniem: monografija. – Kursk, 2014. – 144 s.

16. Ocenka jeffektivnosti primene-nija tverdosplavnyh poroshkov, poluchennyh jelektrojerozionnym dispergirovaniem othodov tverdyh splavov, pri vosstanovlenii i uprochnenii detalej kompozicionnymi gal'vanicheskimi pokrytijami / E.V. Ageev, B.A. Semenihin, E.V. Ageeva, R.A. Latypov // Uprochnjajushhie tehnologii i pokrytija. – 2011. – № 9. – S. 14-16.

17. Ispol'zovanie tverdosplavnyh jelektrojerozionnyh poroshkov dlja poluchenija iznosostojkih pokrytij pri vosstanovlenii i uprochnenii detalej mashin i instrumenta / E.V. Ageev, A.A. Davydov, E.V. Ageeva, A.S. Bondarev, E.P. Novikov // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Tehnika i tehnologii. – 2013. – № 1. – S. 32-38.