

УДК 656

Е.В. Агеева, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94) (e-mail: ageeva-ev@yandex.ru)

Е.П. Новиков, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94) (e-mail: evgeniy-novikov-92@mail.ru)

А.С. Осьминина, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94) (e-mail: osminina-as@yandex.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ

В настоящее время практически во всей автомобильной технике используются детали, изготовленные из алюминиевых сплавов. Автопромышленность мира потребляет от 4,5 до 5,0 млн. тонн алюминиевых сплавов в год, что составляет примерно 20% мирового производства алюминия. Малая плотность, высокая механическая прочность, устойчивость против коррозии, хорошая обрабатываемость и ряд других свойств послужили причиной применения алюминиевых сплавов для изготовления ответственных деталей двигателя внутреннего сгорания, а также применения алюминиевых порошковых материалов при восстановлении дефектных автомобильных деталей.

Целью настоящей работы являлось исследования коррозионной стойкости покрытий, полученных методом газодинамического напыления с применением стандартных и электроэрозионных порошковых материалов.

В настоящее время одним из перспективных методов нанесения покрытий является газодинамическое напыление. Одной из проблем использования технологии газодинамического напыления является качество применяемых порошковых материалов. Одними из перспективных и промышленно не применяемых являются порошковые материалы (ПМ), получаемые из токопроводящих отходов электроэрозионным диспергированием. Однако эти материалы не применялись до настоящего времени в технологиях восстановления дефектных деталей автомобилей газодинамическим напылением, в том числе и головок блока цилиндров.

Испытания коррозионной стойкости газодинамических покрытий проводили по методике ускоренных испытаний с помощью многоканального потенциостат-гальваностата «Elins P-20X8». Потенциостат – гальваностат P-20X8 внесен в Государственный Реестр Средств измерений Российской Федерации (Госреестр СИ РФ) под регистрационным номером 70702-18. Методика поверки МП 206.1-001-2018, межповерочный интервал составляет 2 года. Также прибор сертифицирован по системе сертификации ГОСТ Р. Сертификат соответствия № РОСС RU.АД44.Н04368.

В результате исследования коррозионной стойкости покрытий было экспериментально установлено, что в покрытиях, полученных с применением стандартных ПМ, электролит проникает в покрытие, соответственно покрытие, полученное с применением электроэрозионных ПМ, более устойчиво к коррозии и менее подвержено отслаиванию.

Ключевые слова: покрытие; коррозионная стойкость; электроэрозионное диспергирование; газодинамическое напыление; порошковый материал.

DOI: 10.21869/2223-1560-2018-22-6-21-29

Ссылка для цитирования: Агеева Е.В., Новиков Е.П., Осьминина А.С. Исследование коррозионной стойкости покрытий, полученных методом газодинамического напыления // Известия Юго-Западного государственного университета. 2018. Т. 22, № 6(81). С. 21-29.

В настоящее время практически во всей автомобильной технике используются детали, изготовленные из алюминиевых сплавов. Автопромышленность мира потребляет от 4,5 до 5,0 млн. тонн алюминиевых сплавов в год, что составляет примерно 20% мирового производ-

ства алюминия [1]. Малая плотность, высокая механическая прочность, устойчивость против коррозии, хорошая обрабатываемость и ряд других свойств послужили причиной применения алюминиевых сплавов для изготовления ответственных деталей двигателя внутреннего

сгорания, а также применения алюминиевых порошковых материалов при восстановлении дефектных автомобильных деталей.

Среди обширного класса методов нанесения покрытий и модификации поверхности – химических, электрохимических (гальванических), термохимических (цементации, азотирование, цианирование и т. д.), физических (лазерная и электроннолучевая порошковая наплавка) особое место занимают методы порошкового напыления – газопламенный, плазменный, детонационный, а также их разновидности. Огромный практический и научный интерес к этим методам обусловлен их широкими возможностями как по виду напыляемых материалов, созданию гетерогенных и гомогенных материалов покрытий, так и возможности обработки изделий различной геометрии и типоразмера. Следует подчеркнуть, что технические свойства материала покрытия обуславливаются для каждого метода конкретными процессами физико-химического взаимодействия между двухфазным потоком (газ + частицы) и преградой, а также составляющими его фазами. При этом определяющее влияние на свойства оказывают динамические (скорость, кинетическая энергия частиц) и температурные условия формирования покрытий, стабильность этих параметров во времени, равномерность распределения полидисперсных частиц по сечению и т.д. [2-8].

Общим для всех газотермических методов является то, что материал покрытия нагревается и ускоряется в высокотемпературном газовом потоке. На поверхность подложки напыляемый материал поступает в виде мелких расплавленных или пластифицированных частиц,

которые, ударяясь об нее, деформируются и, закрепляясь, образуют сплошное покрытие.

В настоящее время одним из перспективных методов нанесения покрытий является газодинамическое напыление. Одной из проблем использования технологии «газодинамическое напыление» является качество применяемых порошковых материалов. Одними из перспективных и промышленно не применяемых являются порошковые материалы (ПМ), получаемые из токопроводящих отходов электроэрозионным диспергированием. Однако эти материалы не применялись до настоящего времени в технологиях восстановления дефектных деталей автомобилей газодинамическим напылением, в том числе и головок блока цилиндров.

Газодинамический способ нанесения покрытий отличается тем, что покрытие формируется из частиц, ускоренных сверхзвуковым газовым потоком. Поток газа с частицами проходит через сверхзвуковое сопло, при этом нет необходимости подготавливать напыляемую поверхность, в том числе нагревать ее [2-4].

Преимущество технологии нанесения металла на поверхность деталей и изделий газодинамическим методом состоит в том, что оборудование и создаваемые с его помощью покрытия свободны от большинства недостатков, присущих другим способам нанесения металлических покрытий, и обладают рядом технологических, экономических и экологических преимуществ:

- покрытие наносится в воздушной атмосфере при нормальном давлении, при любых значениях температуры и влажности атмосферного воздуха;
- при нанесении покрытий оказывается незначительное тепловое воздействие на покрываемое изделие;

- технология нанесения покрытий экологически безопасна (отсутствуют высокие температуры, опасные газы и излучения, нет химически агрессивных отходов, требующих специальной нейтрализации);

- не всегда требуется подогрев покрываемого изделия;

- при отсутствии на подложках пластовой ржавчины или окарины на металлическом изделии не требуется тщательной подготовки поверхности (при воздействии высокоскоростного потока частиц происходит очистка поверхности от технических загрязнений, масел, красок и активация кристаллической решетки материала изделия);

- поток напыляемых частиц является узконаправленным и имеет небольшое поперечное сечение, это позволяет, в отличие от традиционных газотермических методов напыления, наносить покрытия на локальные (с четкими границами) участки поверхности изделий;

- возможно нанесение многокомпонентных покрытий с переменным содержанием компонентов по толщине.

Целью настоящей работы являлось исследование коррозионной стойкости покрытий, полученных методом газодинамического напыления с применением стандартных и электроэрозионных порошковых материалов.

Одним из перспективных способов получения порошковых материалов для восстановления дефектных головок блоков цилиндров автомобилей, практически из любого токопроводящего материала, в том числе и отходов алюминия, является метод электроэрозионного диспергирования, отличающийся относительно невысокими энергетическими затратами и экологической чистотой процесса [9-16].

Для получения алюминиевого порошкового материала методом электроэрозионного диспергирования использовали алюминиевую проволоку ГОСТ 14838-78, предварительно нарезанную по 5-7 см. Проволоку загружали в реактор, заполненный рабочей жидкостью – дистиллированной водой. Процесс проводили при следующих электрических параметрах: емкость разрядных конденсаторов 65 мкФ, напряжение 100 В, частота импульсов 140 Гц. В результате локального воздействия кратковременных электрических разрядов между электродами произошло разрушение материала с образованием дисперсных частиц порошка. Затем порошковый материал использовали для восстановления дефектных ГБЦ методом газодинамического напыления на установке ДИМЕТ – 404.

Чистые металлические и керамические поверхности обычно не требуют специальной подготовки перед напылением. Нанесение покрытий данным способом возможно даже на поверхности, загрязненные маслом и краской. Однако если присутствуют более серьезные загрязнения желательнее проводить пескоструйную обработку поверхности. Пескоструйная обработка поверхности проводилась также на установке ДИМЕТ – 404, в качестве порошкового материала был использован алюминиевый порошок, полученный методом электроэрозионного диспергирования при следующих параметрах установки: емкость разрядных конденсаторов 65 мкФ, напряжение 90 В, частота импульсов 60 Гц. Рентгеноструктурный анализ полученного порошкового материала на рентгеновском дифрактометре Rigaku Ultima IV показал, что основными его фазами является Al_2O_3 .

После очистки поверхности напыление порошкового материала производилось при следующих режимах установки ДИМЕТ – 404:

- давление воздуха (по манометру на МПВ-К на стойке) – $5,0 \text{ кгс/см}^2$;
- температурный режим №3 (положение переключателя «температурный режим»;
- расход порошка – $0,2 \text{ г/с}$.

В результате чего было получено два образца:

- образец со стандартным порошковым материалом был получен на поверхности образца, вырезанного из головки блока цилиндров автомобильного двигателя ЗМЗ–406, методом газодинамического напыления с использованием стандартного порошкового материала марки А-20-11;
- образец с экспериментальным покрытием был получен на поверхности образца, вырезанного из головки блока цилиндров автомобильного двигателя ЗМЗ–406, методом газодинамического напы-

ление с использованием алюминиевого электроэрозионного порошкового материала, полученного методом электроэрозионного диспергирования при следующих параметрах установки: ёмкость разрядных конденсаторов 65 мкФ , напряжение 100 В , частота импульсов 140 Гц .

После нанесения газодинамических покрытий, образцы подвергались испытаниям на коррозионную стойкость.

Испытания коррозионной стойкости газодинамических покрытий проводили по методике ускоренных испытаний с помощью многоканального потенциостат-гальваностата «Elins P-20X8» (рис. 1). Потенциостат – гальваностат P-20X8 внесен в Государственный Реестр Средств измерений Российской Федерации (Госреестр СИ РФ) под регистрационным номером 70702-18. Методика поверки МП 206.1-001-2018, межповерочный интервал составляет 2 года. Также прибор сертифицирован по системе сертификации ГОСТ Р. Сертификат соответствия № РОСС RU.АД44.Н04368.



Рис. 1. Многоканальный потенциостат-гальваностат «Elins P-20X8»

Многоканальный потенциостат-гальваностат «P-20X8» состоит из восьми идентичных, полностью независимых каналов – потенциостатов. Каждый канал может выполнять свою, не связанную с другими каналами задачу. Но чаще всего одновременно работа ведется с несколькими однотипными ячейками.

Многоканальный потенциостат «P-20X8» идеально подходит для рутинных многодневных испытаний малогабаритных химических источников тока, например циклического заряда – разряда аккумуляторов или суперконденсаторов. Единственный диапазон потенциала каждого канала 6 вольт специально выбран

таким образом, чтобы максимально соответствовать требованиям работы с литиевыми системами без каких-либо ограничений, например, при испытании окна электрохимической стабильности электролита в широком диапазоне потенциалов, или для работы с литиевыми электродами в широком интервале поляризации.

Отличительной особенностью этого прибора является то, что он является именно потенциостатом, а не зарядно-разрядным устройством, то есть этот прибор специально создавался для работы не только с двух, но и с трехэлектродными ячейками с электродом сравнения.

Электрохимические измерения выполнялись с использованием многоканального потенциостата-гальваностата Elins «P-20X8» (Элинс, Россия) с программным обеспечением ES8. В качестве рабочего раствора использовали 3,5% NaCl. В качестве электрода сравнения был использован электрод ЭСр-10101 (Ag/AgCl/KCl), концентрация KCl в потенциалообразующем полуэлементе 4,2 моль/дм³. Электрод

сравнения был соединен с рабочим раствором через электролитический ключ (мостик). Площадь исследуемой поверхности составила 1 см². Объем используемого рабочего раствора для каждого образца составлял 1 л. Время измерения составляло 5 ч.

На первом этапе проводили измерение потенциала разомкнутой цепи Е_{рц}. После измерения Е_{рц} с образцов была снята вольт-амперная характеристика по трехэлектродной схеме. В качестве вспомогательного электрода использовали высокочистый графит. Шаг развертки составлял 1 мВ. Далее анализировали полученные анодные поляризационные кривые I(E). На следующем этапе полученные поляризационные кривые перестраивали по методу экстраполяции Тафеля и по пересечению аппроксимаций участков графиков определяли потенциал и ток коррозии.

Результаты измерений потенциала разомкнутой цепи материалов Е_{рц} для покрытий приведены на рисунке 2.

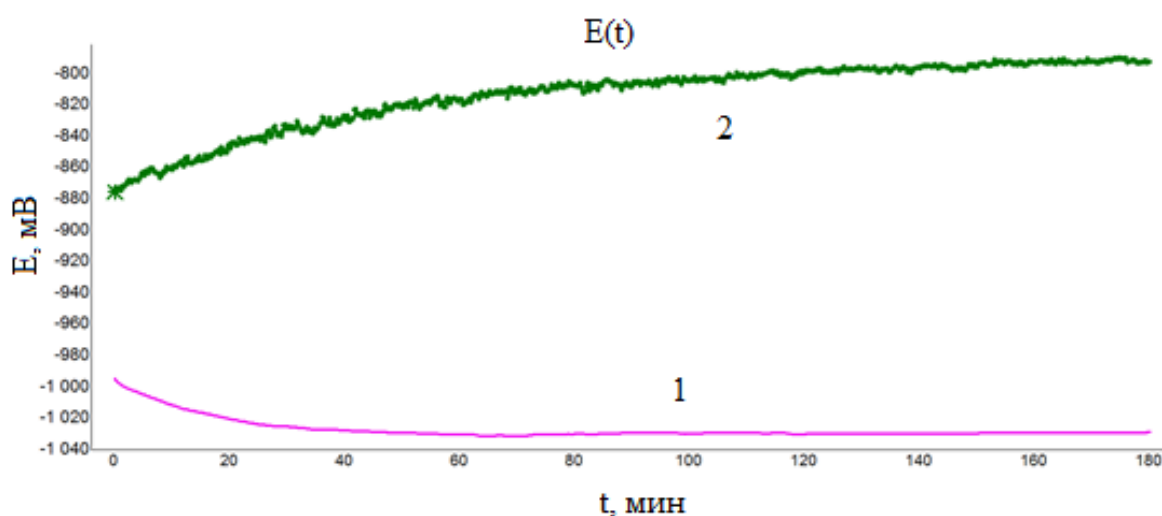


Рис. 2. Потенциал Е_{рц}: 1 – образец со стандартным ПМ; 2 – образец с экспериментальным ПМ

Для образца с экспериментальным ПМ E_{pc} повышается от – 876,08 до – 793,41 мВ. Такое поведение потенциала означает, что на поверхности материала присутствует слой оксидной пленки до погружения в рабочий раствор, и он модифицируется в результате двух процессов – растворение и восстановление. За счет этого происходят колебания потенциала.

Для образца со стандартным ПМ E_{pc} снижается от – 994,99 до – 1029,4 мВ. Обычно снижение потенциала означает, что электролит проникает в покрытие. Когда электролит достигает подложки, формируется гальваническая пара и коррозия на границе «покрытие/подложка» может быть ускорена. В результате подложка может подвергнуться влиянию рабочего раствора и покрытие отслаивается. Растворение оксидов ведет к появлению дефектов, пор и трещин, облегчая проникновения электролита, и коррозия подложки происходит посредством атаки ионами хлорида, ведущей к питтинговой коррозии.

Выводы

1. Метод газодинамического напыления является наиболее перспективным для восстановления рабочих поверхностей дефектных головок блоков цилиндров, а ПМ, полученный методом электроэрозионного диспергирования при следующих параметрах установки: ёмкость разрядных конденсаторов 65 мкФ, напряжение 90 В, частота импульсов 60 Гц., хорошо очищает поверхность перед напылением.

2. В результате исследования коррозионной стойкости покрытий было экспериментально установлено, что в покрытиях, полученных с применением

стандартных ПМ, электролит проникает в покрытие, соответственно покрытие, полученное с применением электроэрозионных ПМ более устойчиво к коррозии и менее подвержено отслаиванию.

3. Полученные результаты могут быть использованы при реновации деталей машин [17-21].

Список литературы

1. Холодное газодинамическое напыление / А.П. Алхимов, С.В. Клинков, В.Ф. Косарев, В.М. Фомин // Теория и практика / под ред. академика В.М. Фомина. М., 2010.
2. Металлополимерные нанокомпозиты (получение, свойства, применение) / Н.З. Ляхов, А.П. Алхимов, В.М. Бузник, В.М. Фомин, Л.И. Игнатьева, А.К. Цветников. Новосибирск, 2005.
3. Каширин А.И., Шкодкин А.В. Метод газодинамического напыления металлических покрытий: развитие и современное состояние // Упрочняющие технологии и покрытия. 2007. № 12 (36). С. 22-33.
4. Кузнецов Ю.А., Добычин А.В. Восстановление деталей машин сверхзвуковым газодинамическим напылением // Мир транспорта и технологических машин. 2009. № 4 (27). С. 7-10.
5. Кузнецов Ю.А., Гончаренко В.В. Исследование характеристик покрытий, полученных холодным газодинамическим напылением // Техника и оборудование для села. 2013. № 12. С. 39-43.
6. Кузнецов Ю.А., Кулаков К.В., Добычин А.В. Теоретическая оценка деформации частиц при сверхзвуковом газодинамическом напылении // Новые материалы и технологии в машиностроении. 2010. № 12. С. 72-75.

7. Логинов П.К., Ретюнский О.Ю. Способы и технологические процессы восстановления изношенных деталей. Томск: Томский политехнический университет, 2010. 217 с.
8. Новиков А.Н., Стратулат М.П., Севостьянов А.Л. Восстановление и упрочнение деталей автомобилей. Орел: ОрелГТУ, 2006. 332 с.
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. Pp. 189–190.
10. Агеева Е.В., Агеев Е.В., Воробьев Е.А. Рентгеноспектральный микроанализ порошка, полученного из отходов быстрорежущей стали электроэрозионным диспергированием в керосине // Вестник машиностроения. 2014. № 11. С. 71-72.
11. Латыпов Р.А., Денисов В.А., Агеев Е.В. Исследование и разработка технологии восстановления вала ротора турбокомпрессора электроискровой обработкой электроэрозионными наноматериалами // Современные материалы, техника и технологии. 2016. № 2 (5). С. 141-146.
12. Агеев Е.В., Сальков М.Е. Особенности технологии восстановления шеек коленчатых валов двигателей камаз-740 с использованием твердосплавных порошков // Технология металлов. 2008. № 3. С. 41-46.
13. Получение износостойких порошков из отходов твердых сплавов / Е.В. Агеев, В.Н. Гадалов, Б.А. Семенихин, Е.В. Агеева, Р.А. Латыпов // Заготовительные производства в машиностроении. 2010. № 12. С. 39-44.
14. Разработка установки для получения порошков из токопроводящих материалов / Е.В. Агеев, Б.А. Семенихин, Р.А. Латыпов, Р.В. Бобрышев. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 5-2. С. 234-237.
15. Агеев Е.В., Семенихин Б.А., Латыпов Р.А. Разработка генератора импульсов установки электроэрозионного диспергирования // Информационно-измерительные, диагностические и управляющие системы. Диагностика-2009: сб. матер. Междунар. науч.-техн. конф. Курск, 2009. С. 144-147.
16. Ageeva E.V., Khor'yakova N.M., Ageev E.V. Morphology of copper powder produced by electrospark dispersion from waste // Russian Engineering Research. 2014. Vol. 34, no. 11. P. 694-696.
17. Агеев Е.В. Теоретические и нормативные основы технической эксплуатации автомобилей. Курск, 2008. 195 с.
18. Агеев Е.В. Технология технической обслуживания и ремонта автомобилей. Курск, 2008. 216 с.
19. Агеев Е.В. Управление производством и материально-техническое обеспечение на автомобильном транспорте. Курск, 2008. 174 с.
20. Агеев Е.В. Особые условия технической эксплуатации и экологическая безопасность автомобилей. Курск, 2008. 212 с.
21. Агеева Е.В., Агеев Е.В. Повышение качества ремонта и восстановления деталей современных транспортных систем // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2011. № 3. С. 503-509.

Поступила в редакцию 20.11.18

UDC 656

E.V. Ageeva, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Russia, 305040, Kursk, 50 Let Oktyabrya str., 94) (e-mail: ageeva-ev@yandex.ru)

E.P. Novikov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Russia, 305040, Kursk, 50 Let Oktyabrya str., 94) (e-mail: evgeniy-novikov-92@mail.ru)

A.S. Osminina, Student, Southwest State University (Russia, 305040, Kursk, 50 Let Oktyabrya str., 94) (e-mail: osminina-as@yandex.ru)

RESEARCH OF CORROSION RESISTANCE OF COATINGS OBTAINED BY THE METHOD OF GAS DYNAMIC SPUTTER

Currently, almost all automotive vehicles use parts made of aluminum alloys. The world auto industry consumes from 4.5 to 5.0 million tons of aluminum alloys per year, which is about 20% of world aluminum production. Low density, high mechanical strength, corrosion resistance, good machinability and a number of other properties caused the use of aluminum alloys for the manufacture of critical parts of the internal combustion engine, as well as the use of aluminum powder materials in restoring defective automotive parts.

The purpose of this work was to study the corrosion resistance of coatings obtained by the method of gas dynamic spraying using standard and electroerosive powder materials.

Currently, one of the most promising methods for applying coatings is gas dynamic spraying. One of the problems of using the technology of gas-dynamic spraying is the quality of the used powder materials. One of the most promising and industrially not used are powder materials (PM), obtained from conductive waste by electroerosion dispersion. However, these materials have not been used to date in the technology of restoring defective parts of cars by gas-dynamic spraying, including the cylinder heads.

Testing the corrosion resistance of gas-dynamic coatings was carried out according to the method of accelerated testing using the multichannel potentiostat-galvanostat "Elins P-20X8". Potentiostat - galvanostat R-20X8 is entered in the State Register of Measuring Instruments of the Russian Federation (State Register of SI of the Russian Federation) under registration number 70702-18. The method of calibration MP 206.1-001-2018, the verification interval is 2 years. The device is also certified according to the GOST R certification system. Certificate of Conformity No. ROSS RU.AD44.N04368.

As a result of the study of the corrosion resistance of coatings, it was experimentally established that in coatings obtained using standard PM, the electrolyte penetrates the coating, respectively, the coating obtained using EDM PM is more resistant to corrosion and less susceptible to flaking.

Key words: coating; corrosion resistance; electroerosion dispersion; gas-dynamic spraying; powder material.

DOI: 10.21869/2223-1560-2018-22-6-21-29

For citation: Ageeva E.V., Novikov E.P., Osminina A.S. Research of Corrosion Resistance of Coatings Obtained by the Method of Gas Dynamic Sputter. Proceedings of the Southwest State University, 2018, vol. 22, no. 6(81), pp. 21-29 (in Russ.).

Reference

1. Alhimov A.P., Klinkov S.V., Kosarev V.F., Fomin V.M. Holodnoe gazodinamicheskoe napylenie. Teoriya i praktika; ed. by Fomin V.M. Moscow, 2010.

2. Ljahov N.Z., Alhimov A.P., Buznik V.M., Fomin V.M., Ignat'eva L.I., Cvetnikov A.K. Metallopolimernye nanokompozity (poluchenie, svojstva, primeneniye). Novosibirsk, 2005.

3. Kashirin A.I., Shkodkin A.V. Metod gazodinamicheskogo napyleniya metallich-

eskih pokrytij: razvitie i sovremennoe sostojanie. *Uprochnjajushhie tehnologii i pokrytija*, 2007, no. 12 (36), pp. 22-33.

4. Kuznecov Ju.A., Dobychin A.V. Vosstanovlenie detalej mashin sverhzhukovym gazodinamicheskim napyleniem. *Mir transporta i tehnologicheskikh mashin*, 2009, no. 4 (27), pp. 7-10.

5. Kuznecov Ju.A., Goncharenko V.V. Issledovanie harakteristik pokrytij, poluchennyh holodnym gazodinamicheskim napyleniem. *Tehnika i oborudovanie dlja sela*, 2013, no. 12, pp. 39-43.

6. Kuznecov Ju.A., Kulakov K.V., Dobychin A.V. Teoreticheskaja ocenka deformacii chastic pri sverhzhukovom gazodinamicheskom napylenii. *Novye materialy i tehnologii v mashinostroenii*, 2010, no. 12, pp. 72-75.
7. Loginov P.K., Retjanskij O.Ju. Sposoby i tehnologicheskie processy vosstanovlenija iznoshennyh detalej. Tomsk, 2010, 217 p.
8. Novikov A.N., Stratulat M.P., Sevost'janov A.L. Vosstanovlenie i uprochnenie detalej avtomobilej. Orel, 2006, 332 p.
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, pp. 189–190.
10. Ageeva E.V., Ageev E.V., Vorob'ev E.A. Rentgenospektral'nyj mikroanaliz poroshka, poluchennogo iz othodov bystrorezhushhej stali jelektrojerozionnym dispergirovaniem v kerosine. *Vestnik mashinostroenija*, 2014, no. 11, pp. 71-72.
11. Latypov R.A., Denisov V.A., Ageev E.V. Issledovanie i razrabotka tehnologii vosstanovlenija vala rotora turbokompresora jelektroiskrovoj obrabotkoj jelektrojerozionnymi nanomaterialami. *Sovremennye materialy, tehnika i tehnologii*, 2016, no. 2 (5), pp. 141-146.
12. Ageev E.V., Sal'kov M.E. Osobennosti tehnologii vosstanovlenija sheek kolchatyh valov dvigatelej KAMAZ-740 s ispol'zovaniem tverdospлавnyh poroshkov. *Tehnologija metallov*, 2008, no. 3, pp. 41-46.
13. Ageev E.V., Gadlov V.N., Semenihin B.A., Ageeva E.V., Latypov R.A. Poluchenie iznosostojkih poroshkov iz othodov tverdyh splavov. *Zagotovitel'nye proizvodstva v mashinostroenii*, 2010, no. 12, pp. 39-44.
14. Ageev E.V., Semenihin B.A., Latypov R.A., Bobryshev R.V. Razrabotka ustanovki dlja poluchenija poroshkov iz tokoprovodjashhih materialov. *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*, 2009, vol. 11, no. 5-2, pp. 234-237.
15. Ageev E.V., Semenihin B.A., Latypov R.A. Razrabotka generatora impul'sov ustanovki jelektrojerozionnogo dispergированија. Informacionno-izmeritel'nye, diagnosticheskie i upravljajushhie sistemy. Diagnostika-2009. Sb. mater. Mezhdunar. nauch.-tehn. konf. Kursk, 2009, pp. 144-147.
16. Ageeva E.V., Khor'yakova N.M., Ageev E.V. Morphology of copper powder produced by electrospark dispersion from waste. *Russian Engineering Research*, 2014, vol. 34, no. 11, pp. 694-696.
17. Ageev E.V. Teoreticheskie i normativnye osnovy tehnicheckoj jekspluatacii avtomobilej. Kursk, 2008, 195 p.
18. Ageev E.V. Tehnologija tehnicheckogo obsluzhivaniја i remonta avtomobilej. Kursk, 2008, 216 p.
19. Ageev E.V. Upravlenie proizvodstvom i material'no-tehnicheckoe obespechenie na avtomobil'nom transporte. Kursk, 2008, 174 p.
20. Ageev E.V. Osobyе uslovija tehnicheckoj jekspluatacii i jekologicheskaja bezopasnost' avtomobilej. Kursk, 2008, 212 p.
21. Ageeva E.V., Ageev E.V. Povyshenie kachestva remonta i vosstanovlenija detalej sovremennyh transportnyh sistem. *Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tehniceskie nauki*, 2011, no. 3, pp. 503-509.