

Практические рекомендации при подготовке к процессу нанесения покрытий газотермическим напылением длинномерных штоков

¹*НИКОНОВА Татьяна Юрьевна, к.т.н., доцент, nitka82@list.ru,

¹ЖЕТЕСОВА Гульнара Сантаевна, д.т.н., профессор, zhetesova@mail.ru,

¹ЮРЧЕНКО Василий Викторович, PhD, зав. кафедрой, juvv76@mail.ru,

¹ЖУНУСПЕКОВ Дархан Серикович, докторант, zhynyspekov_darkhan@mail.ru,

¹ДЕШКО Татьяна Александровна, магистрант, deshko.t.work@gmail.com,

¹НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», Казахстан, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Авторами статьи проведена классификация загрязнения штоков по химическому составу и по физическому состоянию, которая в свою очередь влияет на дальнейшее принятие решения по очистке штока перед нанесением на него газотермического напыления. Вышеупомянутые загрязнения различны по природе своего происхождения, следовательно, методы, используемые для их удаления, также будут отличаться друг от друга. Подготовительный этап – это один из важных этапов технологии ремонта длинномерных штоков методом газотермического напыления. Он состоит из следующих технологических операций: мойки, обезжиривания и травления. Данный этап необходим для того, чтобы подготовить поверхность штока к дальнейшему напылению. Подготовку нельзя пропускать, так как без нее адгезия между напыляемыми частицами и подложкой будет минимальная, что в свою очередь приведет к быстрому отслоению, низкому параметру износостойкости и качество ремонта нельзя будет считать удовлетворительным. Авторами в статье представлены экспериментальные данные, полученные при подготовительной операции перед газотермическим напылением, а также подобраны оптимальные оборудование и режимы обезжиривания и травления, которые подходят для обработки длинномерных штоков.

Ключевые слова: газотермическое напыление, длинномерные детали, технология ремонта и восстановления, подготовительные операции, обезжиривание, травление, шток.

Введение

Одной из первостепенных проблем ремонтной техники и технологии является ремонт и последующее восстановление поврежденных деталей машин. После восстановления изношенных деталей важно вернуть высокие эксплуатационные свойства, которые будут близки к параметрам нового изделия или превосходить их.

На данный момент газотермическое напыление защитных покрытий является одной из основных технологий упрочнения и восстановления деталей машин. Прочность сцепления напыляемых частиц с шероховатой поверхностью (подложкой) и работоспособность нанесенного слоя зависят от предварительной подготовки детали к газотермическому напылению [1-4].

Если пропустить этап подготовки поверхности, то можно наблюдать следующие негативные последствия, влияющие на материал покрытия:

- снижается пластичность материала, что делает его более хрупким;

- увеличивается возможность появления таких дефектов, как трещины, повышенная пористость и т.п. [5].

Можно сделать вывод, что предварительная подготовка поверхности к напылению является принципиально важной операцией в технологическом процессе напыления.

Главными задачами подготовки поверхности являются:

- избавление напыляемой поверхности от адсорбированных веществ – загрязнений;
- значительное повышение потенциала энергии поверхности, т.е. ее активация.

В настоящее время на практике чаще всего применяются следующие методы подготовки поверхности детали: мойка холодной или горячей водой; обезжиривание; травление; механическое воздействие; термическое и химико-термическое воздействие; электрофизическое воздействие; воздействие световыми потоками; обезвоживание.

При ремонте и восстановлении штоков с

поверхности необходимо удалять различные загрязнения.

Загрязнения штоков имеют собственную классификацию: по химическому составу, по физическому состоянию и т.п. (рисунок 1).

Вышеупомянутые загрязнения различны по природе своего происхождения, следовательно, методы, используемые для их удаления, также будут отличаться друг от друга. Такие загрязнения обычно прочно сцепляются с поверхностью штоков.

У гидроцилиндров наиболее часто встречается механическое изнашивание. Оно проявляется в образовании на поверхности штока царапин и задиров (рисунок 2), которые получаются в результате налипания абразивных частиц между трущимися поверхностями (рисунок 3).

К механическому изнашиванию относят абразивное, гидроабразивное, эрозионное, гидроэрозионное, кавитационное и усталостное изнашивание, а также изнашивание при фреттинге и заедании [6-7].

Пыль и другие грязевые отложения попадают извне в смазочный материал. При работе гидроцилиндра шток перемещается вместе с налипшими абразивными частицами, которые, путем трения между рабочими поверхностями, приводят к износу группы деталей (поршень-цилиндр, шток-втулка).

По причине того, что гидрооборудование используется при горно-шахтных работах, где сильная запыленность и интенсивная нагрузка, не получится totally исключить попадание абразивных частиц в смазку.

Абразивные частицы и прочие вышеуказанные загрязнения так или иначе будут появляться на рабочих поверхностях, что в свою очередь приведет к тем самым повреждениям штока, поршня и цилиндра [8].

Методы исследования. При ремонте и восстановлении поверхности длинномерных штоков необходимо первоначально очистить поверхность. Для предварительной очистки нередко применяют мойку холодной и горячей водой. При помощи мойки удаляются адсорбированные вещества, которые слабо связаны с поверхностью. К ним относятся пыль, грязь и пр.

Однако маслянистые, жировые вещества или остатки смазочного материала, водой удаляются с трудом, так как они слаборастворимы в воде, поэтому после мойки рекомендуется применять процесс обезжиривания поверхности, который поможет удалить сложные жировые загрязнения с поверхности штока.

Поверхность штока всегда покрыта жировой пленкой, которая затрудняет процессы очистки, контроля и ремонта. Для того чтобы обеспечить хорошую очистку и высокое качество ремонта, необходимо полностью удалить слой жира с поверхности штока.

Полный цикл обезжиривания обычно включает в себя следующие стадии:

- обработка растворителями;
- химическое;
- электрохимическое обезжиривание.

Органические растворители имеют незначительное поверхностное натяжение (20-30 мН/м), хорошо смачивают обрабатываемую поверхность

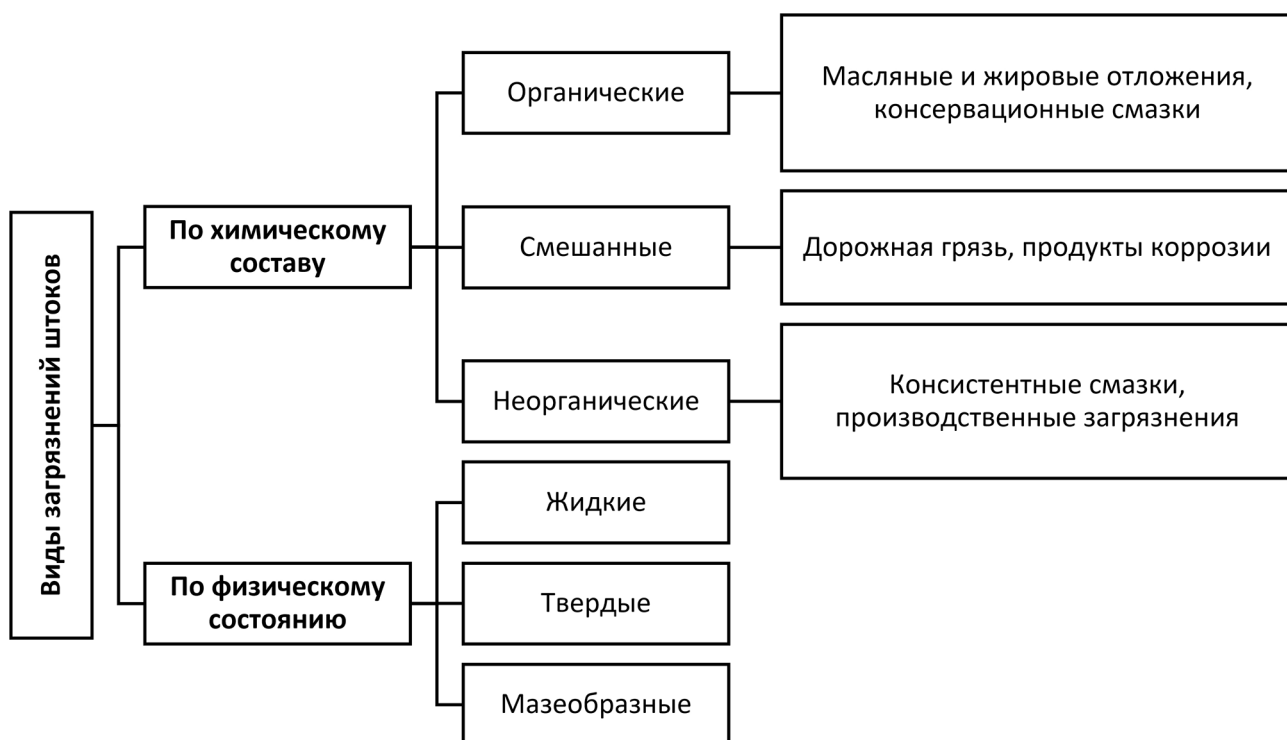


Рисунок 1 – Виды загрязнений штоков



Рисунок 2 – Царапины и задиры на поверхности штока



Рисунок 3 – Налипание абразивных частиц

и легко проникают в труднодоступные участки.

Существует несколько способов обработки растворителями: погружение в ванны, струйная под давлением 0,04 до 0,15 МПа, обезжиривание парами либо комбинирование нескольких способов.

Однако этот метод имеет ряд недостатков:

1. Пожароопасность. Этот параметр характеризуется температурой вспышки, температурой самовоспламенения паровоздушной смеси и температурными пределами воспламенения.

2. Токсичность растворителей. Хотя органические растворители и имеют преимущественно высокую растворяющую способность относительно к маслам и смазкам растительного, животного и минерального происхождения, однако при их использовании необходимо помнить про соблюдение техники [9].

Обезжиривание в растворяюще-эмульгирующих средствах длинномерных штоков является не целесообразным и дорогостоящим методом, так как обрабатывается значительная площадь.

Для предварительной подготовки длинномерных штоков при технологии ремонта газотермическим напылением преимущественно применяется химическое обезжиривание, которое включает в себя 2 пути: эмульгирование (для жид-

кой фазы) и диспергирование (для твердой фазы).

При обработке штока химическое обезжиривание осуществлялось в 4 этапа:

1. Так как у обрабатываемого длинномерного штока поверхность имеет задиры и царапины, необходимо было тщательно смочить поверхность, чтобы раствор проник в трещины и поры пленки загрязнений.

2. Далее происходил процесс снижения связи между адгезионными частицами и штоком: частицы отрывались и переходили в раствор. В тоже самое время осуществлялось омыление маслянистых и жировых веществ.

3. Моющее средство обволакивало уже отсоединенные частицы загрязнения, тем самым препятствуя их укрупнению и дальнейшему оседанию на только что очищенную поверхность.

4. Далее шло образование пены, которая помогала стабилизировать загрязненные частицы, чтобы те обратно не осели на поверхность штока.

Однако стоит отметить, что слишком активное образование пены может негативно сказаться на дальнейших операциях. После подготовительного процесса идет дробеструйная обработка, а сильное пенообразование скажется на адгезионных свойствах напыленного штока.

Свойствами раствора химического обезжиривания являются:

- поверхностное натяжение;
- поверхностная активность;
- емкость по загрязнениям.

Обезжиривание проводилось в автоматической промывочной установке вертикальной загрузки АПУ 2300 КР (рисунок 4).

Такая установка часто встречается на машиностроительных предприятиях, авиастроении, в нефтегазовых отраслях, а также на ремонтных участках длинномерных деталей.

Установка АПУ 2300 КР удобна тем, что имеет подходящие габариты для длинномерного штока и крышку с пневмоцилиндром, которые обеспечивают ее легкое открытие (рисунок 5). Шток располагается на стационарном поде, а «О»-образная рампа способствует обмыванию детали по всему



Рисунок 4 – Автоматическая промывочная установка вертикальной загрузки АПУ 2300 КР

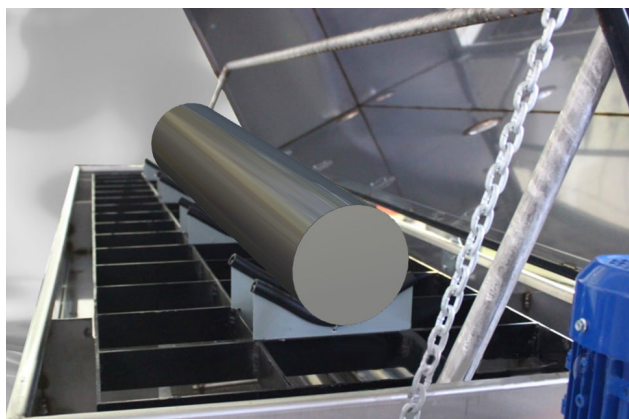


Рисунок 5 – Размещение штока в установке АПУ 2300 КР

диаметру. Эффективность очистки штока от частиц пыли и жировых веществ достигалась тем, что раствор в установке подогревался.

Качество поверхности штока после химического обезжиривания контролировалось путем определения содержания масляных и жировых загрязнений непосредственно на самой поверхности длинномерного штока, в растворителе до начала обработки и после в слитом [10].

Расход растворителя при контрольном обезжиривании составляет 20-30% от количества, требуемого на однократное обезжиривание изделия.

Контроль качества обезжиривания производится в соответствии с ГОСТ 9.402.

Контроль температуры растворов велся универсальными измерительными приборами (термометрами).

В процессе обезжиривания химическим методом штока длиной 1350 мм и Ø 250 мм в растворе МС5 были получены следующие показатели (таблица 2).

Чистая обезжиренная поверхность штока выглядит следующим образом (рисунок 6).

После обезжиривания штока выполнялась операция травления. Для травления штока использовались растворы серной (5-10%), соляной

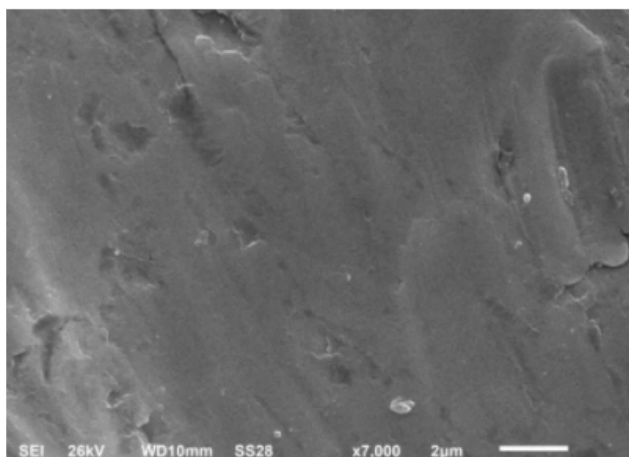


Рисунок 6 – Обезжиренная поверхность штока

(5-20%) кислот и их смеси ($10\text{H}_2\text{SO}_4 + 10\text{HCl}$) [11].

Процесс травления необходим для того, чтобы удалить хемосорбированные загрязнения. Для травления длинномерного штока необходима специальная ванна (рисунок 7). Состав ванны и температурные режимы были выбраны исходя из материала штока и дальнейшего газотермического напыления.

Параметры данной ванны представлены в таблице 2.

Далее необходимо удалить с поверхность штока остатки кислоты, щелочи или осадки солей металлов. Это осуществляется с помощью промывки в горячем водном 1% растворе соды или тринатрийфосфата.

На операции травления подготовка штока заканчивается. Далее идет этап механической струйно-абразивной обработки, а затем газотермическое напыление.

Выводы. Подготовительный этап поверхности длинномерного штока перед газотермическим напылением является неотъемлемой частью технологического процесса. От этого этапа зависит, насколько качественно будет сцепление напыленного материала с основным, насколько износостойким будет полученный слой и как скоро произойдет его отслоение. Подготовительный этап ремонтируемой поверхности штока включает следующие операции: мойка водой, обезжиривание и травление.

Мойка штока осуществлялась водой различной температуры. Данная операция позволила предварительно очистить шток от пыли, грязи и прочих частиц, которые имеют слабую адгезию с поверхностью штока.

Обезжиривание в свою очередь удаляет те загрязнения, которые не удалились при помощи мойки, а именно жировые и масляные. В данной работе мы использовали химическое обезжиривание. Оно проводилось в автоматической промывочной установке вертикальной загрузки АПУ 2300 КР. Использовали раствор МС5 при следую-



Рисунок 7 – Ванна для травления длинномерных штоков

Таблица 1 – Параметры моющего средства MC5

Моющее средство	Концентрация, л	Пенообразование по Россу-Майлсу, мм, на 200 мл раствора при темп., °С		Устойчивость пены, мм при 80°С и продолжительности, мин		
		25	80	0	1	3
MC5	30	180	50	50	23	11

Таблица 2 – Технические характеристики ванны для травления

Ванна	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Материал	Температура раствора, °С	
					рабочая	максимальная
	1730	940	920	Полипропилен	60	90

щих характеристиках:

- объем – 30л;
- обезжиривание проводилось при двух температурах: 20°С и 80°С, при которых можно было заметить разную интенсивность пенообразования: 180 мм и 50 мм соответственно;
- общее время обезжиривания составило 3 мин.

После обезжиривания проводилась заключительная операция подготовительного этапа –

травление. Оно позволяет удалить остатки хемосорбированных веществ, которые остаются после обезжиривания. Для травления штока использовались растворы серной (5-10%), соляной (5-20%) кислот и их смеси ($10\text{H}_2\text{SO}_4 + 10\text{HCl}$).

Что касается дальнейших операций ремонта и восстановления длинномерного штока, то необходимо их рассматривать более подробно в дальнейших исследованиях, избегая повторения предыдущих опытов.

Статья подготовлена в рамках грантового финансирования проектов Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан ИРН проекта № AP08856371.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Практические применения газотермических технологий нанесения защитных покрытий. Руководство для инженеров. – ООО «Термал-Спрей-Тек», 2009. 72 с.
2. Пантелеенко Ф.И. Оковитый В.А. Формирование многофункциональных плазменных покрытий на основе керамических материалов. – Минск: БНТУ, 2019. 231 с.
3. Яцкевич О.К. Технология формирования износостойких керамических покрытий плазменным напылением порошков оксида алюминия, модифицированных молибденом и бором: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Минск: БНТУ, 2019. 26 с.
4. Калита В.И., Комлев Д.И. Плазменные покрытия с нанокристаллической и аморфной структурой: монография. – М.: Лидер М, 2008. 388 с.
5. Вохидов А.А. Струйно-абразивная подготовка поверхности деталей под газо-термическое напыление: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Душанбе, 2019. 26 с.
6. Лоскутов С.В., Ершов А.В., Зеленина О.А. Модель контакта частицы газотермического покрытия с шероховатой поверхностью подложки. – Молодой ученый, № 2 (17), 2015. 8-11 с.
7. Зверев Е.А. Технологическое обеспечение качества плазменных покрытий из порошкового материала марки ПГ-С27: диссертация кандидата технических наук – Новосибирск, 2011. 156 с.
8. Жетесова Г.С., Чернышеюс О., Никонова Т.Ю., Жаркевич О.М., Жунуспеков Д.С. Анализ дефектов штоков карьерной техники и методов их устранения. – Технология металлов, №12, 2021. – С. 47-51.
9. ГОСТ 9.402-2004 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Подготовка металлических поверхностей к окрашиванию.
10. Ильющенко А.Ф. Процессы формирования газотермических покрытий и их моделирование / А.Ф. Ильющенко, А.И. Шевцов, В.А. Оковитый, Г.Ф. Громыко. – Минск: Белорус. наука, 2011. – 357 с.
11. Коробов Ю.С. Анализ свойств газотермических покрытий: Основные методы и материалы газотермического напыления. Учебное пособие / Ю.С. Коробов, В.И. Панов, Н.М. Разиков. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, – 2016. – 80 с.

Ұзын штоктарды газбен термиялық тозаңдату арқылы жабу процесіне дайындық кезіндегі практикалық ұсынымдар

¹*НИКОНОВА Татьяна Юрьевна, т.ф.к., доцент, nitka82@list.ru,

¹ЖЕТЕСОВА Гульнара Сантаевна, т.ф.д., профессор, zhetesova@mail.ru,

¹ЮРЧЕНКО Василий Викторович, PhD, кафедра меңгерушісі, juvv76@mail.ru,

¹ЖУНУСПЕКОВ Дархан Серикович, докторант, zhynyspekov_darkhan@mail.ru,

¹ДЕШКО Татьяна Александровна, магистрант, deshko.t.work@gmail.com,

¹«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақала авторлары штоктардың ластануын химиялық құрамы мен физикалық жағдайы бойынша жіктеуді жүргізді, бұл өз кезегінде оған газ-термиялық бүрку қолданар алдында штокты тазарту туралы шешім қабылдауға әсер етеді. Жоғарыда аталған ластанулар шығу тегі бойынша әр түрлі, сондықтан оларды жою үшін қолданылатын әдістер де бір-бірінен өзгеше болады. Дайындық кезеңі-газды термиялық бүрку әдісімен ұзын шыбықтарды жөндеу технологиясының маңызды кезеңдерінің бірі. Ол келесі технологиялық операциялардан тұрады: жуу, майсыздандыру және маринадтау. Бұл кезең өзектің бетін одан әрі бүркуге дайындау үшін қажет. Дайындықты өткізіп жіберуге болмайды, өйткені онсыз шашыраған бөлшектер мен субстрат арасындағы адгезия минималды болады, бұл өз кезегінде тез қабыршақтануға әкеледі, тозуға төзімділіктің төмен параметрі және жөндеу сапасы қанағаттанарлық деп саналмайды. Авторлар мақалада газды термиялық бүрку алдында дайындық кезінде алынған эксперименттік мәліметтерді, сондай-ақ ұзын шыбықтарды өңдеуге жарамды оңтайлы жабдықтар мен майсыздандыру және өңдеу режимдерін таңдады.

Кілт сөздер: газотермиялық тозаңдату, ұзын өлшемді бөлшектер, жөндеу және қалпына келтіру технологиясы, дайындық операциялары, майсыздандыру, өңдеу, шток.

Practical Recommendations in Preparation for the Process of Coating by Gas-thermal Spraying of Long Rods

¹*NIKONOVA Tatyana, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, nitka82@list.ru,

¹ZHETESSOVA Gulnara, Dr. of Tech. Sci., Professor, zhetesova@mail.ru,

¹YURCHENKO Vasily, PhD, Head of Department, juvv76@mail.ru,

¹ZHUNUSPEKOV Darkhan, doctoral student, zhynyspekov_darkhan@mail.ru,

¹DESHKO Tatyana, master student, deshko.t.work@gmail.com,

¹NPISC «Abylqas Saginov Karaganda Technical University», Kazakhstan, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

*corresponding author.

Abstract. The authors of the article classify the contamination of the rods by chemical composition and physical condition, which in turn affects the further decision-making on cleaning the rod before applying thermal spraying to it. The aforementioned contaminants are different in nature of their origin, therefore, the methods used to remove them will also differ from each other. The preparatory stage is one of the important stages of the technology of repairing long rods by gas thermal spraying. It consists of the following technological operations: washing, degreasing and etching. This stage is necessary in order to prepare the surface of the rod for further spraying. Preparation should not be skipped, since without it, the adhesion between the sprayed particles and the substrate will be minimal, which in turn will lead to rapid detachment, a low wear resistance parameter and the quality of repair cannot be considered satisfactory. The authors present experimental data obtained during the preparatory operation before thermal spraying, as well as selected optimal equipment and modes of degreasing and etching, which are suitable for processing long rods.

Keywords: gas-thermal spraying, long-length parts, repair and restoration technology, preparatory operations, degreasing, etching, rod.

REFERENCES

1. Practicheskie primeneniya gazotermicheskikh tekhnologij naneseniya zaschitnykh pokrytij. Rukovodstvo dlya inzhenerov. – ООО «Termal-Spray-Tekh», 2009, 72 p.
2. Panteleenko F.I., Okovityj V.A. Formirovanie mnogofunktional'nykh plazmennyykh pokrytij na osnove keramicheskikh materialov. – Minsk: BNTU, 2019, 231 p.
3. Yazkevich O.K. Tekhnologiya formirovaniya iznosostojkikh keramicheskikh pokrytij plazmennym napyleniem poroshkov oksida alyuminiya, modifitsirovannykh molibdenom i borom: avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. – Minsk: BNTU, 2019, 26 p.
4. Kalita V.I., Komlev D.I. Plazmennye pokrytiya s nanokristallicheskoy i amorfnoy strukturoj: monografiya. – Moscow: Lider M, 2008, 388 p.
5. Vochidov A A. Strujno-abrazivnaya podgotovka poverchnosti detalej pod gazotermicheskoe napylenie: avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. – Dushanbe, 219, 26 p.
6. Loskutov S.V., Ershov A.V., Zelenina O.A. Model' kontakta chasticy gazotermicheskogo pokrytiya s sherochovatoj poverchnost'yu podlozhki. – Molodij vchenij, #2 (17), 2015, pp. 8-11.
7. Zverev E.A. Tekhnologicheskoe obespechenie kachestva plazmennyykh pokrytij iz poroshkovogo materiala marki PG-C27: dissertaciya kandidata tekhnicheskikh nauk – Novosibirsk, 2011, 156 p.
8. Zhetsova G.S., Chernysheyus O., Nikonova T.Yu., Zharkevich O.M., Zhunuspekov D.S. Analiz defectov shtokov kar'ernoj tekhniki i metodov ih ustraneniya. – Tekhnologiya metallov, #12, 2021, pp. 47-51.
9. GOST 9.402-2004 Edinaya Sistema zaschity ot korrozii i stareniya. Pokrytiya lakokrasochnye. Podgotovka metallicheskih poverchnostej k okrashivaniyu.
10. Il'yuschenko A.F. Processy formirovaniya gazotermicheskikh pokrytij i ih modelirovanie / A.F. Il'yuschenko, A.I. Shevcov, V.A. Okovityj, G.F. Gromyko. – Minsk: Belorus. nauka, 2011, 357 p.
11. Korobov Yu.S. Analiz svojstv gazotermicheskikh pokrytij: Osnovnye metody i materialy gazotermicheskogo napyleniya. Uchebnoe posobie / Yu.S. Korobov, V.I. Panov, N.M. Razikov. Yekaterinburg: Publ. Ural. yn-ta, – 2016, 80 p.