



УДК 621.724

## Восстановление деталей автомобилей многоструйным активированным дуговым напылением

*Изоитко В. М., канд. техн. наук; Буйкус К. В., канд. техн. наук  
Белорусский национальный технический университет  
220013, Беларусь, г. Минск, пр-т Независимости, 65*

**Аннотация.** Повышение физико-механических свойств газотермических покрытий требует решения задач термоактивации поверхности, нанесения нескольких слоев покрытий, получения композиционных покрытий и др. В настоящей работе приведены результаты исследования процесса активированного дугового напыления покрытий двумя аппаратами, расположенными на одной оси и направленными на противоположные стороны напыляемой поверхности детали.  
**Ключевые слова:** активированное дуговое напыление, адгезионная прочность, когезионная прочность, пористость.

### Renovation of automotive parts by multi-jet activated arc spraying

*Izoitko V. M., Buikus K. V.  
Belarusian National Technical University*

**Annotation.** Increasing the physical and mechanical properties of gas-thermal coatings requires solving the problems of thermal activation of the surface, applying several layers of coatings, obtaining composite coatings, etc. This paper presents the results of a study of the process of activated arc spraying of coatings using two devices located on the same axis and directed towards opposite sides of the sprayed surface of the part.

**Keywords:** activated arc spraying, adhesive strength, cohesive strength, porosity.

**Введение.** Для повышения качества газотермических покрытий при восстановлении или упрочнении рабочих поверхностей деталей машин применяют способы либо активации, интенсифицирующие процессы теплообмена, увеличивающие скорость частиц, позволяющие уменьшать размер частиц, либо модификации напыленного слоя [1–12].

Применение нескольких газоструйных аппаратов, каждый из которых работает в определенном режиме, для предварительной подготовки поверхности подложки (ее нагрева и частичной очистки высокоскоростным газоструйным потоком) и дальнейшего нанесения покрытий позволяет значительно повысить физико-механические свойства нанесенных покрытий.

Одновременное нанесение материалов на противоположные стороны тел вращения приводит к значительному увеличению производительности процесса, к улучшению распределения температур в изделиях и к снижению цикличности нагрева.



**Технология нанесения покрытия несколькими аппаратами.** На суппорте вращателя мы смонтировали два стационарных аппарата активированного дугового напыления АДМ-8, расположив их на одной оси и направив на противоположные стороны напыляемой поверхности детали цилиндрической формы. На период настройки аппаратов деталь закрывается чехлом.

Для выявления особенностей процесса двуструйного напыления проводились сравнительные исследования покрытий, полученных одноструйным и двуструйным напылением. Для нанесения модельных покрытий была выбрана проволока Нп-40Х13 диаметром 1,2 мм. Подложка подвергалась абразивоструйной обработке корундом и обезжириванию спиртом. Результаты экспериментов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты сравнительных исследований покрытий, полученных одноструйным и двуструйным напылением

Параметр	Напыление	
	одноструйное	двуструйное
Адгезионная прочность, МПа	48–52	55–60
Когезионная прочность, МПа	120–140	130–150
Пористость, %	2,5–3,0	2,0–2,5

Как видно из табл. 1, двуструйное напыление повышает адгезионную и когезионную прочности, снижает размер пор и общую пористость.

**Закключение.** Многоструйные установки позволяют получать более равномерные поля температур и скоростей, что обеспечивает равномерный нагрев материалов, а при напылении – увеличение коэффициента использования напыляемого материала и улучшения условий его ввода. С помощью таких систем легко получить композиционные покрытия, обладающие качественно новыми свойствами. Также увеличение количества независимых газопламенных аппаратов повышает суммарную мощность струи без повышенной нагрузки на отдельные аппараты, что увеличивает их ресурс и безотказность.

Преимущества двуструйного напыления особо значительно сказываются при двустороннем напылении покрытий на изделия небольшой толщины, а на изделия больших толщин – при одностороннем напылении несколькими аппаратами. Это объясняется тем, что тепловые потоки одного аппарата создают термоактивацию поверхности напыленного изделия для другого аппарата, а это приводит к росту прочностных характеристик и уменьшению пористости покрытия.

## Литература

1. Ивашко, В. С. Математическое моделирование двухфазной металлогазовой струи активированного дугового напыления / В. С. Ивашко, К. В. Буйкус, В. М. Изоитко // Изобретатель. – 2021. – № 1–2 (242–243). – С. 22–25.
2. Ивашко, В. С. Исследование материалов для восстановления изношенных поверхностей высоконагруженных деталей активированным дуговым напылением / В. С. Ивашко, В. М. Изоитко, К. В. Буйкус // Транспорт и транспортные



системы: конструирование, эксплуатация, технологии. Сборник научных статей. Вып. 2. – Минск : БНТУ, 2020. – С. 125–136.

3. Ивашко, В. С. Активный контроль технологических параметров газотермического нанесения покрытий / В. С. Ивашко, В. М. Изоитко, К. В. Буйкус // Изобретатель. – 2020. – № 3–4 (239–240). – С. 18–22.

4. Ивашко, В. С. Ремонт деталей машин методом активированной электродуговой металлизации / В. С. Ивашко, В. М. Изоитко, К. В. Буйкус // Материалы международной научно-практической конференции «Автомобиле- и тракторостроение», 14–18 мая 2019 г. – Минск : БНТУ, 2019. – Т. 2. – С. 54–57.

5. Ивашко, В. С. Реновация поверхностей шеек валов газотермическим напылением в комбинации с компрессионно-механической / В. С. Ивашко, К. В. Буйкус, В. М. Изоитко / Материалы 16-й международной научно-технической конференции (70-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников, докторантов и аспирантов БНТУ «Наука – образованию, производству, экономике» / в 4 т. – Минск : БНТУ, 2018. – Т. 2. – С. 92

6. Белоцерковский, М. А. Прочностная надежность и триботехнические свойства газотермических покрытий, используемых в узлах трения // Физическая мезомеханика. – 2007. – № 2. – С. 103–108.

7. Улучшение физико-механических свойств покрытий, полученных электродуговой металлизацией / А. В. Коломейченко [и др.] // Строительные и дорожные машины. – 2015. – № 7. – С. 25–29.

8. Кравченко, И. Н. Оценка влияния температурных условий в процессе напыления на уровень остаточных напряжений и прочность покрытий / И. Н. Кравченко, В. Ю. Гладков, О. Я. Москаль // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2013. – № 8. – С. 59–64.

9. Исследование адгезии и износостойкости покрытий, сформированных с использованием комбинированной технологии / Ю. А. Кузнецов [и др.] // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2018. – № 7. – С. 28–33.

10. HVOF Sprayed coating containing heat resistant inter metallic molybdenum phases / В. Formarek [et al] // Films and Coatings-98: Proceeding Inter, conf. – S-Petersburg, 1998. – P. 215–217.

11. Белоцерковский, М. А. Активированное газопламенное распыление проволоочных материалов / М. А. Белоцерковский // Весці НАН Б. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2002. – № 1. – С. 11–15.

12. Белоцерковский, М. А. Разработка технических средств для газопламенного напыления полимерных покрытий / М. А. Белоцерковский, А. В. Федаравичус // Машиностроитель. – 2002. – № 12. – С. 13–15.