

СОДЕРЖАНИЕ

Транспорт

- Е.Г. Куликова, С.Я. Левенсон Влияние кинематических параметров инерционно-ударного рабочего оборудования на энергию разрушения различных покрытий при очистке стенок подвижного состава..... 5
- С.В. Павлов, Р.Ю. Добрецов, А.Г. Семенов Гибридная силовая установка параллельного типа для использования на рельсовом транспорте..... 12
- В.И. Кочергин, М.С. Галай Исследование поверхностей, восстановленных холодным газодинамическим напылением..... 18
- Н.И. Соколов, О.А. Шаламова Исследование характеристик дорожного движения..... 23
- Е.С. Зинченко Совершенствование системы контроля энергетической эффективности подвижного состава..... 29
- В.Ю. Игнатьюгин, С.С. Емельянов К вопросу восстановления крупнобаритных деталей карьерных самосвалов..... 34
- А.С. Чистяков, Т.О. Румянцева, М.Д. Швецова Оптические способы определения геометрических размеров пружины из рессорного комплекта вагона..... 39
- Г. К. Щепотин О допустимых остаточных деформациях пути 46
- А.С. Пикалов, В.К. Милорадович, А.С. Ильиных Перспективы развития технологии шлифования рельсов 55
- П.А. Литенко, Н.А. Маслов Теоретическое обоснование применения экскаватора-погрузчика с учетом его энергетической эффективности ... 64

Строительство и архитектура

- А.А. Кузнецов, А. В. Пономарев, Г.В. Волчанин, К.И. Фомиченко Обработка изображений визуального контроля внутренних поверхностей полых железобетонных опор..... 70
- А.В. Морозов, С.Я. Левенсон, М.А. Ланцевич Сменное оборудование гидравлического экскаватора для систематической оборки откосов инерционно-ударным рабочим органом..... 77

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ВОССТАНОВЛЕННЫХ ХОЛОДНЫМ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ НАПЫЛЕНИЕМ

В.И. Кочергин¹, М.С. Галай¹

1. Сибирский государственный университет путей сообщения, ул. Дуси Ковальчук, 191, г. Новосибирск, 630049, Россия

Аннотация Представлены результаты исследования покрытий, полученных холодным газодинамическим напылением порошком на основе алюминия. Произведена оценка пористости и толщины покрытия в зависимости от режимов работы оборудования для напыления.

Ключевые слова: нанесение покрытий, газодинамическое напыление, восстановление деталей

INVESTIGATION OF SURFACES RESTORED BY COLD GAS- DYNAMIC SPRAYING

V.I. Kochergin¹, M.S. Galay¹

1. Siberian State Transport University, 191 Dusi Kovalchuk St., Novosibirsk, 630049, Russia

Abstract The research of coatings obtained by cold gas-dynamic spraying with aluminum-based powder is presented. The porosity and thickness of the coating were estimated depending on the operating modes of the spraying equipment.

Keywords: coating, restoration, gas dynamic spraying, restoration of parts

Введение

Мировые тенденции в области эксплуатации транспортных средств связаны с развитием энерго- и ресурсосберегающих технологий. К ресурсосберегающим технологиям относятся технологии восстановления и упрочнения изношенных деталей. В настоящее время большинство предприятий, эксплуатирующих транспортные средства, отдают предпочтение ремонту и восстановлению изношенных деталей, поскольку экономически выгодно произвести восстановление деталей, а не покупать новые. На рынке запасных частей преобладают восстановленные детали, они в 1,5 – 2 раза дешевле новых.

Значительное место в технологиях восстановления и упрочнения получили методы нанесения покрытий. Существует два вида нанесения покрытий. Первый вид заключается в том, что напыление производят газодинамическим способом частицами материала покрытия размером от 10 до 150 мкм. Нанесение покрытий по второму виду происходит при пониженном давлении за счет конденсации атомов и ионов на поверхности изделия.

На сегодняшний день на рынке услуг по восстановлению деталей машин наибольшую востребованность находит метод холодного газодинамического напыления. Данная технология была разработана в Институте теоретической и прикладной механики СО РАН и заключается в том, что в специальной установке мелкодисперсный порошок разгоняется до сверхзвуковой скорости, затем частицы порошка бомбардируют обрабатываемый материал, образуя на

нем слой покрытия [1-8]. Отличительной особенностью данной технологии является то, что при формировании покрытия падающие на подложку частицы порошка не имеют высокую температуру, и тем самым не изменяют структуру и механические свойства материала подложки.

В данной работе проводится исследование поверхностей, восстановленных холодным газодинамическим напылением порошком на основе алюминия.

Материал и методы исследования

Для исследования качества поверхности напыленного покрытия, сформированного газодинамическим напылением, были подготовлены образцы. В качестве материалов образцов использовалась углеродистая качественная сталь марки 10 толщиной 10 мм и размерами 30*30 мм. Подготовку поверхности к напылению и само напыление осуществляли на специальном оборудовании ДИМЕТ [9]. Для напыления покрытия был выбран порошок марки А-80-13, химический состав которого составляет 55% Al, 15% Zn, 30% Al₂O₃. Выбор данного порошка обусловлен тем, что в рекомендациях [9,10] указано, что данный порошок применяется для восстановления изношенных поверхностей в алюминиевых, стальных и чугунных деталях.

Напыление осуществляли на трех режимах: «2», «3», «4». Согласно инструкции по оборудованию ДИМЕТ, каждый режим имеет отличительные особенности по температуре нагрева напыляемого порошка. На образцах в соответствии с выбранным режимом наносили по 10 проходов. Перед нанесением порошка А-80-13 поверхность образцов обрабатывалась электрокорундом дисперсностью 15-20 мкм (корунд марки К-00-04-16).

После нанесения покрытий оценивали толщину и пористость покрытия, а также шероховатость покрытия после механической обработки. Для исследования толщины покрытия образцы шлифовали и полировали. Шлифование производилось при помощи шлифовальной бумаги зернистостью от Р180 до Р1000. Полирование осуществляли на полировальном станке с применением алмазной пасты. Толщину покрытия измеряли с помощью портативного микроскопа Levenhook при увеличении x10. Толщину оценивали в трех точках: вначале образца (1), в середине (2) и в конце образца (3) (см. рис. 1).

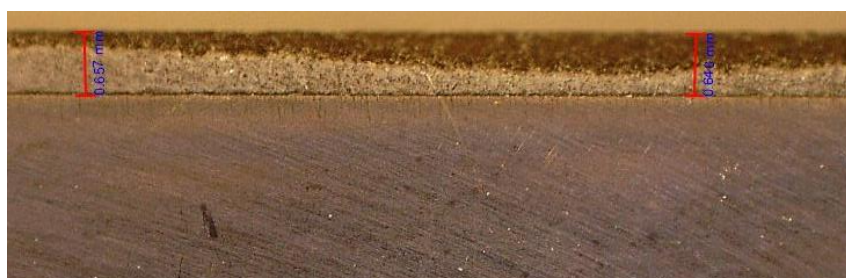


Рис. 1. Измерение толщины напыленного слоя

Пористость оценивали по методу Глаголева по соотношению:

$$P = \frac{\sum l}{L_i} * 100 \quad (2.1)$$

где P – пористость, %; $\sum l_i$ – суммарная длина отрезков, попадающих на поры; L_i – общая длина секущей линии.

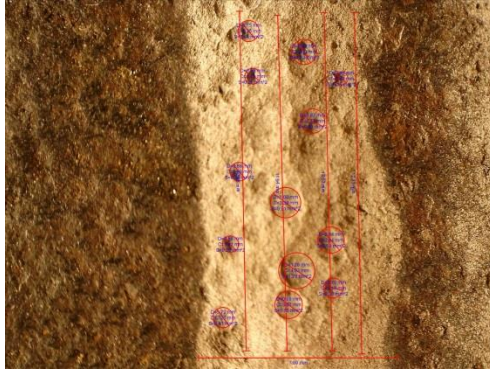


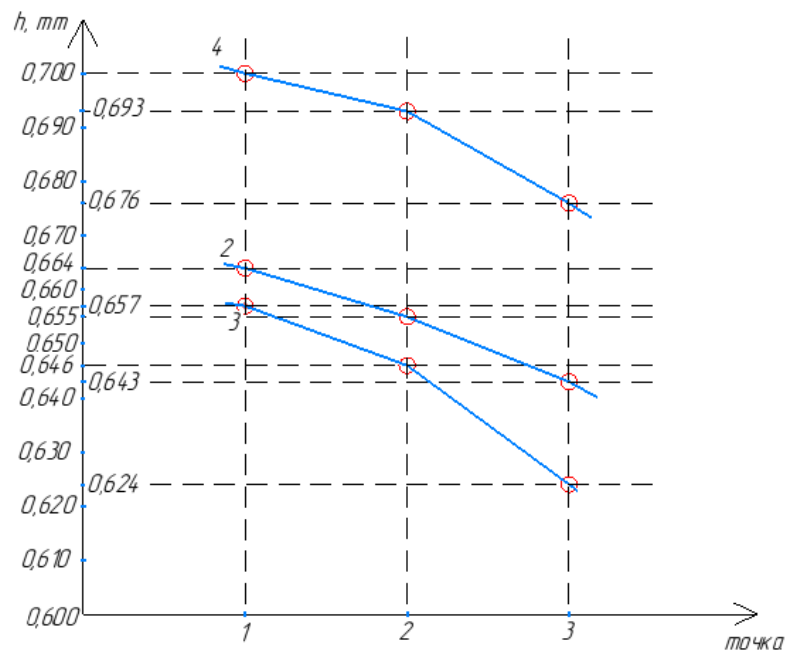
Рис. 2. Оценка пористости покрытия

На образцах с помощью микроскопа и программного продукта MicroCapturePro были нанесены секущие линии на исследуемый участок и измерены длины отрезков пор (см.рис.2.).

Шероховатость покрытия после механической обработки измеряли с помощью профилометра TR200.

Результаты исследования

Результаты измерения толщины напыленного слоя в зависимости от режимов обработки представлены на рисунке 3.



3,4,5 – режим работы оборудования

Рис.3 График зависимости толщины покрытия от режима работы оборудования

Толщина напыленного слоя h находится в диапазоне от 0,62 до 0,7 мм. Наибольшая толщина напыленного слоя наблюдается на режиме «4», а наименьшая – на режиме «3». Характер изменения толщины напыленного слоя

по длине образца для всех трех режимов работы оборудования одинаков. Вначале напыления наблюдается увеличение толщины, а в конце напыления толщина образца заметно снижается, по-видимому, это связано с растеканием напыляемого материала.

Согласно результатам измерения пористости покрытия (см. рис.4) установлено, что наибольшей пористостью обладает образец, который обработан по режиму «3».

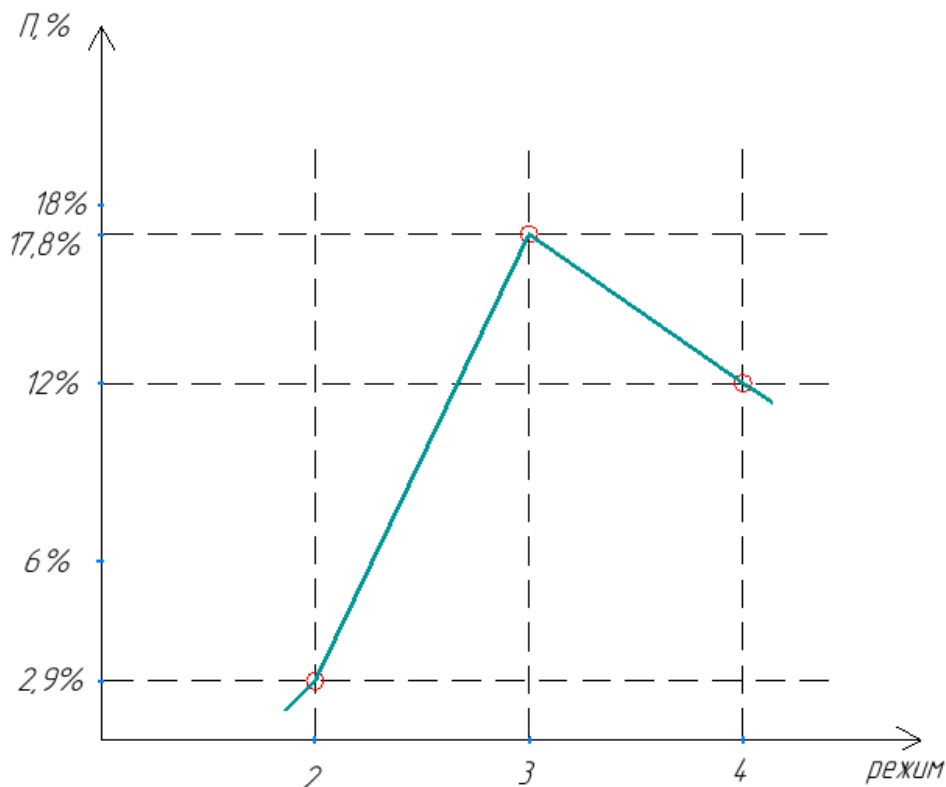


Рис.4 График зависимости пористости покрытия от режима работы оборудования

Принимая во внимание графики, представленные на рисунках 3 и 4, установлено, что на 2-м режиме напыленный слой имеет среднюю толщину и наименьший процент пористости, сравнительно с режимами «3» и «4». На 3-м режиме напыленный слой имеет наименьшую толщину и наибольший процент пористости, сравнительно с другими режимами. Режим «4» имеет наибольшую толщину напыленного слоя и средний процент пористости, сравнительно со 2-м и 3-м режимами.

Таким образом, восстановление изношенных поверхностей стальных изделий целесообразно производить холодным газодинамическим напылением порошком А-80-13 при «4» режиме работы оборудования.

Библиографический список

1. Козлов И.А., Лещев К.А., Никифоров А.А., Демин С.А. Холодное газодинамическое напыление покрытий (обзор). Труды ВИАМ. 2020. № 8 (90). С. 77-93. DOI: 10.18577/2307-6046-2020-0-8-77-93

2. Иваночкин П.Г., Данильченко С.А., Замшин В.А., Воропаев А.И. Определение физико-механических характеристик приповерхностных слоев, нанесенных с помощью газотермического напыления / Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. 2016. № 5. С. 42-45
3. Алмазов В.В., Васильев А.Ф. Основные результаты экспериментального исследования формирования газодинамического покрытия на стальной подложке / Металлообработка. 2010. № 5 (59). С. 30-36.
4. Витязь П.А., Белоцерковский М.А., Кукареко В.А., Калиновский Д.М., Сухоцкий П.Г., Ковалевская Ж.Г. Структура и свойства покрытий из стали 40х13, полученных с использованием различных методов газотермического напыления / Физическая мезомеханика. 2002. Т. 5. № 1. С. 29-36.
5. Харламов Ю.А., Полонский Л.Г., Нагорняк Ю.О., Наумчук В.Н., Яновский В.А. Критерии выбора материала покрытия и метода газотермического напыления / Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2017. № 258. С. 22.
6. Спасенко А.А., Чеверикин В.В., Травянов А.Я. Формирование структуры изделий из стали 316L, полученных методом холодного газодинамического напыления / Металловедение и термическая обработка металлов. 2021. № 10 (796). С. 52-55.
7. Бобкова Т.И., Деев А.А., Быстров Р.Ю., Фармаковский Б.В. Нанесение износостойких покрытий с регулируемой твердостью с помощью сверхзвукового холодного газодинамического напыления / Металлообработка. 2012. № 5-6 (71-72). С. 45-49.
8. Куприянов Г.В. Способ восстановления повреждений корпусных деталей военной техники холодным газодинамическим напылением / Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2017. № 12-2. С. 433-446.
9. Оборудование и технология. URL: <http://www.dimet-r.narod.ru/application.html> (дата обращения: 27.09.2020).
10. Обнинский Центр порошкового напыления. URL: <http://dymet.net/> (дата обращения: 22.09.2020).