

Транспорт

УДК 621.7.02

DOI: 10.30987/article_5d10851fb21d91.29360173

М.Ю. Куликов, А.А. Кульков

ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА АБРАЗИВОСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ КУЗОВОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ

Предложен типовой метод оценки технико-экономической эффективности процесса обработки металлических поверхностей железнодорожных вагонов свободным абразивом на основе данных о режимах обработки, применяемых материалах и получаемого качества очищенной поверхности. Проведен анализ стандартов в области предокрасочной обработки металлов на предмет требований к качеству очищенной поверхности, шероховатости

и степени обезжиривания. Приведены результаты сравнения четырех типовых технологий предокрасочной обработки металлов на предмет производительности процесса, затрачиваемых материалов (энергии) и получаемого в результате обработки качества поверхности.

Ключевые слова: абразивоструйная обработка, абразив, шероховатость, качество поверхности, технико-экономическая эффективность.

M.Yu. Kulikov, A.A. Kulkov

TECHNICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY ASSESSMENT OF METAL ELEMENTS ABRASIVE-JET PROCESSING IN RAILROAD CAR BODIES

The efficient and durable coloration of cars at their manufacturing and repair needs preparation of surfaces to be painted which consists in ensuring their quality and forming proper roughness required for painting and degreasing. The paper reports the standard method offered for the assessment of technical and economical efficiency of railroad car metal surface processing with a free abrasive based on data of processing modes, materials used and quality of a clean surface obtained.

For this at the initial stage there was carried out the analysis of standards in the field of a metal pre-coloration processing for the purpose of the requirements to the quality of a surface to be clean, roughness and a degree of degreasing. In the corresponding standards there are defined three basic groups of surface preparation quality, which may be conditionally subdivided into high, average and low quality.

The assessment of processing efficiency was carried out under a condition of ensuring the first quality group. For that there was carried out a comparison of four standard technologies of metal pre-painting for the purpose of the process efficiency, material consumption (power) and surface processing quality obtained. The comparison has shown that the highest effectiveness has a technology of thermal abrasive-jet processing. This technology allows avoiding chemical agents use for metal surface degreasing which allows decreasing material capacity of the process and increasing considerably a pre-painting productivity.

Key words: abrasive-jet processing, abrasive, roughness, surface quality, technical and economic effectiveness.

Введение

Технологический процесс производства и ремонта вагонов включает операцию обработки поверхности кузова перед окраской свободным абразивом для придания шероховатости и обеспечения качества поверхности, а также химическую обработку для обезжиривания поверхности и

удаления с неё органических соединений [1; 2]. Такое совмещение приводит к выделению техногенных отходов в виде отработавших моющих жидкостей и обезжиривающих составов и в целом усложняет технологический процесс.

Исследование проблемы

Обработка поверхностей вагонов перед окрашиванием регламентируется ГОСТ 9.403-80 [10] и соответствующими

инструкциями [8; 9], разработанными специально для ОАО «РЖД». При очистке

вагонов к технологии предъявляются следующие требования:

1. Очистить поверхность вагона от старого лакокрасочного покрытия (ЛКП), ржавчины и других твердых эксплуатационных загрязнений до металлического блеска (степень очистки I или II в соответствии с ГОСТ 9.403-80 [5]).

2. Придать поверхности шероховатость, регламентируемую стандартом или требованиями изготовителя лакокрасочного покрытия.

3. Обезжирить поверхность вагона.

В процессе очистки вагонов вырабатываются производственные и технологи-

$$V_{omx} = V_{п.о.} + V_{т.о.} = V_{п.о.тв} + V_{п.о.масл} + V_{п.о.ж} + V_{п.о.др},$$

Где V_{omx} – общий объём отходов; $V_{п.о.}$ – производственные отходы; $V_{т.о.}$ – технологические отходы; $V_{п.о.тв}$ – твердые производственные отходы (остатки старой краски и загрязнений); $V_{п.о.масл}$ – производственные отходы маслянистого характера; $V_{п.о.ж}$ – жидкие технологические отходы (ПАВ и растворители); $V_{п.о.др}$ – твердые технологические отходы (дробь и абразивы).

Степень очистки поверхности характеризует качество подготовки поверхности к окрашиванию. Разные методы очистки позволяют достичь разных степеней. Инструкцией допускается первая или вторая степень (степень 1 или 2 по ГОСТ 9.402-80) очистки при ремонтно-восстановительном окрашивании:

– степень очистки при дробеструйной обработке – 1;

– степень очистки при дробемётной обработке – 2;

– степень очистки при гидроабразивной обработке – 1;

– степень очистки при обработке системой ГДА (газодинамический аппарат) – 1.

Железнодорожный вагон представляет собой крупногабаритную конструкцию с площадью внешней поверхности $S = 250 \text{ м}^2$. Малопроизводительные методы обработки не могут произвести очистку вагона быстро. Поэтому высокая производительность – важный критерий сравнения.

ческие отходы. К производственным отходам относятся остатки старого лакокрасочного покрытия и других загрязнений [3-5], удаляемых с вагона, т.е. продукты очистки [6]. В среднем на пассажирском вагоне таких отходов около 50 кг, и примерно на 90 % это старое лакокрасочное покрытие.

Технологические отходы – это продукты, образующиеся в результате производства работ по очистке. К этим отходам можно отнести отработавшие растворители и моечные жидкости, использованный абразив и т.д.

При оценке производительности процесса очистки выразим её через время обработки, приняв, что

$$T_{общ} = \frac{S_{ваг}}{П} + T_M + T_C + 2T_O,$$

где $S_{ваг}$ – общая площадь вагона; $П$ – производительность типового дробеструйного (дробемётного) аппарата; T_M – время мойки вагона (3 ч); T_C – время сушки вагона (2 ч); T_O – время обдувки вагона (0,2 ч).

От количества используемых при очистке расходных материалов во многом зависит конечная себестоимость всей обработки в целом, а также экологические показатели [7]. При очистке используются ПАВ, дробь и топливо. При оценке материалоёмкости процесса примем, что расход дробы на вагон $M_{др} = 50 \text{ кг}$ (значение приведено с учётом системы рекуперации, возвращающей до 95 % дробы обратно в аппараты), расход ПАВ на вагон $M_{ПАВ} = 150 \text{ л}$, расход топлива на вагон $M_T = 120 \text{ л}$.

Для сравнения предлагаются четыре типовые технологии очистки:

1) дробеструйная обработка в совмещении с поверхностно-активными веществами (ПАВ);

2) дробемётная обработка в совмещении с ПАВ;

3) гидроабразивная обработка в совмещении с ПАВ;

4) система ГДА.

В таблице представлены основные сравнительные показатели процесса

очистки.

Таблица

Технико-экономические показатели процесса очистки

Методы очистки	Отходы, кг				Степень очистки	Производит.		Материалы		
	$V_{\text{п.о.тв.}}$	$V_{\text{п.о.масл.}}$	$V_{\text{т.о.жидк.}}$	$V_{\text{п.о.др.}}$		$T_{\text{общ}}$	$P_{\text{общ}}$	$M_{\text{др}}$	$M_{\text{ПАВ}}$	$M_{\text{Г}}$
Дробеструйная обработка + ПАВ	50	5	150	50	1-2	17,9	13,9	50	150	0
Дробемётная обработка + ПАВ	50	5	150	50	2	6,4	39,0	50	150	0
Гидроабразивная обработка + ПАВ	50	5	150	50	1	18,8	13,2	50	150	0
Система ГДА	50	5	0	50	1	8,2	30,4	50	0	120

Заключение

Сравниваемые технологии близки по количеству используемых при очистке материалов. Система ГДА позволяет не применять ПАВ, однако использует топливо, поэтому дальнейший расчёт ведется исходя из соотношения стоимости ПАВ и топлива.

По количеству производимых отходов применяемые технологии обладают примерно равными показателями, а система ГДА позволяет уменьшить объём отхо-

дов на 150 л отработавших ПАВ, что составляет более 50 % всех отходов.

Наибольшей производительностью (39 м²/ч) обладает дробемётная обработка в совмещении с ПАВ, но она позволяет получить степень очистки не выше второй. Система ГДА позволяет получить производительность процесса 30,4 м²/ч при первой степени очистки. Остальные методы уступают по производительности более чем в 2 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евсеев, Д.Г. Оценка эффективности процесса обработки поверхностей вагонов перед окраской / Д.Г. Евсеев, А.А. Кульков, А.Ю. Корытов // Металлообработка. - 2016. - № 4 (94). - С. 66.
2. Евсеев, Д.Г. Влияние параметров дробеструйной газодинамической обработки на производительность очистки поверхностей при ремонте вагонов / Д.Г. Евсеев, А.А. Кульков // Наука и техника транспорта: науч.-информ. сб. - 2009. - № 2. - С. 24.
3. Кульков, А.А. Особенности абразивно-струйной обработки металлических поверхностей перед окрашиванием / А.А. Кульков, М.А. Ларионов // Научно-технические технологии в машиностроении. - 2018. - № 12 (90). - С. 15.
4. Кульков, А.А. Технологические режимы ультразвукового жидкостного матирования металлических поверхностей / А.А. Кульков // Металлообработка. - 2017. - № 6 (102). - С. 51.
5. Евсеев, Д.Г. Исследование процесса формирования качества поверхности при обработке вагонов газодинамическим методом / Д.Г. Евсеев, А.А. Кульков, А.Ю. Корытов // Металлообработка. - 2015. - № 6 (90). - С. 39.
6. Кульков, А.А. Оценка качества капитального ремонта ПС / А.А. Кульков, А.Ю. Корытов, А.А. Скороход // Мир транспорта. - 2012. - № 2 (40). - С. 130.
7. Евсеев, Д.Г. Дробеструйный газодинамический метод очистки поверхностей / Д.Г. Евсеев, А.А. Кульков // Транспорт: наука, техника, управление. - 2009. - № 7. - С. 32.
8. Типовой технологический процесс окрашивания пассажирских вагонов с использованием лакокрасочных материалов повышенной долговечности ТП-ЦЛПВ-33/4. - М.: ВНИИЖТ, 2008.
9. Типовой технологический процесс деповского окрашивания пассажирских вагонов ТП-ЦЛПВ-33. - М.: ВНИИЖТ, 2008.

10. ГОСТ 9.402-80. Покрyтия лакокрасочные. Подготовка металлических поверхностей перед

окрашиванием. - Введ. 1981-07-01. - М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1998.

1. Yevseev, D.G. Assessment of car surface pre-painting effectiveness / D.G. Yevseev, A.A. Kulkov, A.Yu. Korytov // *Metal Processing*. – 2016. – No.4 (94). – pp. 66.
2. Yevseev, D.G. Impact of shot blasting and gas dynamic processing parameters upon surface cleaning performance at car repair / D.G. Yevseev, A.A. Kulkov // *Science and Transport Engineering: Collected Scientific-Information*. – 2009. – No.2. – pp. 24.
3. Kulkov, A.A. Peculiarities of metal surface abrasive-jet pre-painting / A.A. Kulkov, M.A. Larionov // *Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering*. – 2018. – N.12 (90). – pp. 15.
4. Kulkov, A.A. Technological modes of metal surface supersonic liquid matting / *Metal Processing*. – 2017. – No.6 (102). – pp. 51.
5. Yevseev, D.G. Investigation of surface quality formation at car processing with gas dynamic method /

- D.G. Yevseev, A.A. Kulkov, A.Yu. Korytov // *Metal Processing*. – 2015. No.6(90). – pp. 39.
6. Kulkov, A.A. Assessment of rolling-stock major repairs quality / A.A. Kulkov, A.Yu. Korytov, A.A. Skorokhod // *World of Transport*. – 2012. – No.2 (40). – pp. 130.
7. Yevseev, D.G. Shot blasting gas dynamic method for surface cleaning / D.G. Yevseev, A.A. Kulkov, // *Transport: Science, Engineering, Management*. – 2009. – No.7. – pp. 32.
8. *Standard Engineering Process of Passenger Car Painting Using TP-CLPV-33/4 Paintwork Material with Increased Life*. – М.: ARRIRC, 2008.
9. *Standard Engineering Process of Passenger Car Painting in Depot Using TP-CLPV-33/4 Paintwork Material*. – М.: ARRIRC, 2008.
10. RSS 9.402-80. *Paintwork Coatings. Metal Surface Pre-Painting. Introduction*. 1981-07-01. – М.: State Standard of Russia: Standards Publishing House, 1998.

Статья поступила в редакцию 18.04.19

Рецензент: д.т.н., профессор Рыбинского государственного технического университета

Рыкунов А.Н.

Статья принята к публикации 27. 05. 19.

Сведения об авторах:

Куликов Михаил Юрьевич, д.т.н., зав. лабораторией, Институт конструкторско-технологической информатики РАН, e-mail: muk.56@mail.ru.

Кульков Анатолий Александрович, к.т.н., доцент кафедры «Технология транспортного машиностро-

ения и ремонта подвижного состава» Российского университета транспорта (МИИТ), e-mail: pow12@mail.ru.

Kulikov Michail Yurievich, Dr. Sc. Tech., head of the Lab., Institute of Design-technological Informatics, RAS, e-mail: muk.56@mail.ru.

Kulkov Anatoly Alexandrovich, Can. Sc. Tech, Assistant Prof. of the Dep. "Transport Engineering Technique and Rolling-Stock Repair", Russian University of Transport (MIET), e-mail: pow12@mail.ru