

DOI 10.32820/2079-1747-2018-22-86-92

УДК 621.791.92

## **ВЫБОР СПОСОБА И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ**

**©Дерябкина Е.С., Огер В.В.**

*Украинская инженерно-педагогическая академия*

### **Інформація про авторів:**

**Дерябкина Євгенія Станіславівна:** ORCID: 0000-0002-5531-0124, 216464 @ mail.ru, кандидат технічних наук, доцент кафедри інтегрованих технологій в машинобудуванні і зварювального виробництва, Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

**Огер Віталій Володимирович:** ORCID: 0000-0001-8008-7166; 216464 @ mail.ru; студент факультету Комп'ютерних і інтегрованих технологій в виробництві та освіті; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

Встановлено, що ресурс відремонтованої техніки в умовах реальної експлуатації становить не більше 50% у порівнянні з новою, швидкість зношування деталей після ремонту зростає в 1,8 рази, що зумовлено більш низьким рівнем якості відремонтованих деталей в порівнянні з новими. Аналіз літератури показав, що найбільш доступним і широко використовуваним способом в практиці машинобудівних і сільськогосподарських підприємств різного масштабу є газополуменеве напилювання, яке серед методів газотермічного напилення покриттів є найпростішим і низьковартісним.

Встановлено, що перспективним способом підготовки поверхні під напилення, є механічна обробка щітковим інструментом.

Розроблено технологічний процес відновлення і зміцнення зношених циліндричних поверхонь деталей газополуменевим напиленням, на основі якої виготовлені ремонтні деталі і виконані виробничі випробування. Досягнуто підвищення зносостійкості в 1,35-1,37 рази у порівнянні з деталями, виготовленими за традиційною технологією.

**Ключові слова:** відновлені деталі, зносостійкість, газополуменеве напилювання, щеточная обробка, технологічний процес.

*Дерябкина Е.С., Огер В.В.* «Выбор способа и разработка технологии восстановления деталей автотракторной техники».

Установлено, что ресурс отремонтированной техники в условиях реальной эксплуатации составляет не более 50% по сравнению с новой, скорость изнашивания деталей после ремонта возрастает в 1,8 раза, что обусловлено более низким уровнем качества отремонтированных деталей по сравнению с новыми. Анализ литературы показал, что наиболее доступным и широко используемым способом в практике машиностроительных и сельскохозяйственных предприятий различного масштаба является газопламенное напыление, которое среди методов газотермического напыления покрытий является самым простым и низкостойким.

Установлено, что перспективным способом подготовки поверхности под напыление, есть механическая обработка щеточным инструментом.

Разработан технологический процесс восстановления и упрочнения изношенных цилиндрических поверхностей деталей газопламенным напылением, на основе которого изготовлены ремонтные детали и выполнены производственные испытания. Достигнуто повышение износостойкости в 1,35-1,37 раза по сравнению с деталями, изготовленными по традиционной технологии.

**Ключевые слова:** восстановленные детали, износостойкость, газопламенное напыление, щеточная обработка, технологический процесс.

*Deryabkina E., Oger V.* «Selection of method and development of technology of restoration of details of autotractor technology»

It has been established that the life of the repaired equipment in actual use is no more than 50% compared to the new, the wear rate of parts after repair increases 1.8 times, which is due to the lower quality level of the repaired parts compared to new ones. Analysis of the literature has shown that the most accessible and widely used method in the practice of machine-building and agricultural enterprises of various sizes is gas-flame spraying, which is the simplest and lowest cost among the methods of gas-thermal spraying of coatings.

It has been established that a promising way of preparing the surface for spraying is mechanical treatment with a brush tool.

The technological process of restoring and hardening worn-out cylindrical surfaces of parts by flame spraying was developed, on the basis of which repair parts were made and production tests were performed. Achieved an increase in wear resistance of 1.35-1.37 times in comparison with parts manufactured by traditional technology.

**Key words:** *reconditioned parts, wear resistance, flame spraying, brushing, process.*

## **1. Актуальность**

Эффективность работы транспортной и автотракторной техники в большей мере определяется надежностью и затратами на поддержание её в рабочем технически исправном состоянии, которое достигается путем технического обслуживания и ремонта. В настоящее время эти расходы за амортизационный период с учетом расходов на изготовление запасных частей значительно превышают начальную стоимость машин - для тракторов в 4 раза, для автомобилей в 6 раз. Более 85% машин и механизмов выходят из строя по причине износа их деталей, в связи с этим их надежность определяется износостойкостью. Такую ситуацию можно объяснить несовершенством технологий изготовления и восстановления деталей, в частности, применяемых в настоящее время способов упрочнения.

## **2. Постановка проблемы**

Изготовить деталь машины – полдела, вторая часть – придать ей качества, способные обеспечить её долговечность и требуемый ресурс. В идеале ресурс деталей должен быть равен ресурсу машины в целом [1]. Положение значительно усугубляется вследствие роста дефицита и стоимости запасных частей. Реальный же ресурс отремонтированной техники по сравнению с новой составляет не более 50% , а скорость изнашивания деталей после ремонта возрастает в 1,6-2,0 раза[2]. Низкая послеремонтная наработка машин в целом объясняется тем, что около 50% параметров восстановленных деталей не соответствуют нормативным из-за низкого качества технологии ремонта по отношению к технологии изготовления. Выбор и разработка технологии нанесения покрытий при восстановлении деталей выполняется в соответствии с их характеристикой и предъявляемыми требованиями к их эксплуатации.

**3. Цель исследований** - выбор оптимального способа нанесения покрытий при восстановлении деталей автотракторной техники для повышения качества и обеспечения послеремонтного ресурса.

#### **4. Основной материал**

Среди известных способов восстановления и упрочнения поверхностей деталей транспортной техники наибольшее распространение получили способы газотермического напыления [2], объединенные единым принципом формирования покрытий из отдельных частиц, нагретых и ускоренных высокотемпературной газовой струей, что обуславливает слоисточешуйчатую структуру напыленных покрытий. Одним из основных преимуществ этих способов является большая универсальность по материалам наносимых покрытий (от пластмасс до тугоплавких металлов, оксидов, карбидов, керамики, других соединений и их композиций), а также возможность нанесения покрытий с разнообразными функциональными и служебными свойствами на поверхностях различной формы и размеров.

В настоящее время разработаны и активно развиваются способы газотермического напыления: плазменный, электродуговой, газопламенный, детонационный, отличающиеся видом энергии, используемой для создания покрытий (табл.1) [3,4]. Совокупность различных условий эксплуатации деталей определяет назначение наносимых покрытий, причем способы газотермического напыления позволяют наносить покрытия различных функциональных назначений: газопламенное – антифрикционные для работы в условиях смазки, уплотнительные; плазменное – уплотнительные, износостойкие при высокотемпературном сухом трении, теплоизоляционные; детонационно–газовое – износостойкие при высокотемпературном сухом трении, теплоизоляционные, износостойкие при особо жестких условиях эксплуатации покрытий; электродуговая металлизация - антифрикционные для работы в условиях смазки, уплотнительные, износостойкие при высокотемпературном сухом трении.

Анализ литературы [4] также показал, что наиболее доступным и широко используемым способом в практике машиностроительных и сельскохозяйственных предприятий различного масштаба является газопламенное напыление, которое согласно данных табл.1 явля-

ется самым низкостоимостным, способным продлить срок службы деталей в 2...20 раз. Газопламенные покрытия удовлетворяют запросам многих ремонтных производств, при обеспечении требуемой производительности нанесения покрытий и относительно небольшой трудоемкости. К преимуществам способа также следует отнести: незначительный нагрев детали, который не оказывает влияния на структуру материала основы и не снижает усталостную прочность деталей, низкий уровень шума и световых излучений, позволяющий работать оператору без дополнительных средств защиты, возможность использования его как в условиях крупных предприятий, так и на полевых ремонтных базах.

**Таблица 1**– Характеристика и основные параметры газотермических способов напыления

Параметр	Способ			
	Газопламенный	Электродуго- вая металлиза- ция	Детонацион- но- газовый	Плазмен- ный
Производительность процесса, кг/ч	8...10 (порошков самофлюсующихся сплавов)	12..30	0,1..6,0	3..50
Стоимость 1 ч работы установки, у.е.	2,60	4,24	8,71	9,06
Коэффициент использования напыляемого материала	0,8÷0,95	0,8÷0,95	0,3÷0,8	0,7÷0,9
Площадь покрытия образца, напыленного за 1 ч работы, м <sup>2</sup>	0,45÷1,00	6,00÷8,00	0,10÷0,30	0,20÷0,50
Температура частиц материала, К	до 2000	до 2000	до 3000	до 3000
Скорость частиц материала, м/с	20÷80	50÷240	600÷1000	50÷200
Толщина покрытия, мм	0,1...2,5	0,5...2,5	0,05...0,5	0,1...50
Прочность сцепления $\sigma_{сц}$ , МПа	5..25	15...35	75..150	10...50
Пористость, %	10,0..30,0	10,0..30,0	0,5...1,0	2,0...15,0

В зависимости от состояния напыляемого материала газопламенное напыление может быть трех типов: проволочное, прутковое и порошковое. Причем при напылении порошка можно получить покрытие даже в случае неполного его проплавления, также высокотемпературная область пламени по сравнению с проволочным имеет большую протяженность, что позволяет эффективно использовать эту область для нагрева летящих частиц.

Свойства покрытия существенно зависят от технологического процесса его получения, целью которого является создание на поверхности детали слоя с заданными свойствами, необходимыми для длительной и надежной работы детали в конкретных условиях её эксплу-

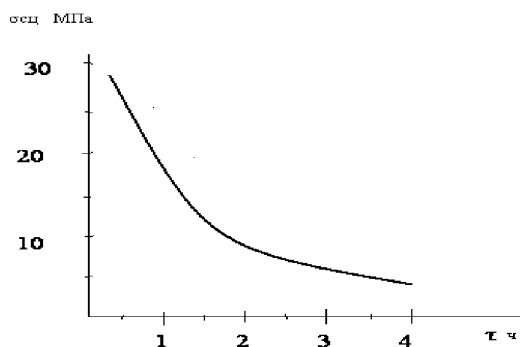
атации. При разработке технологии получения покрытия принимаются во внимание специфические особенности упрочняемых деталей: их конструкция, свойства конструкционного металла, требуемые размеры покрытия, допустимый нагрев и др. Технология нанесения покрытий зависит от интенсивности, длительности и последовательности применяемых процессов и их энергетического воздействия. Режимы напыления характеризуются большим числом факторов, оказывающих влияние на структурообразование и свойства покрытий. Целесообразно выделить первичные (технологические факторы), касающиеся технологии и условий напыления и вторичные, которые являются производными от технологических факторов. К первичным факторам целесообразно отнести факторы, касающиеся: режимов напыления (объем порошкового питателя, дистанция напыления, расход газов, рабочее давление газов, производительность); условий напыления (дистанция напыления, скорость перемещения пистолета); напыляемого материала (фракционность и химический состав порошка); условий подготовки напыляемой поверхности (материал, способ подготовки, шероховатость поверхности). Вышеуказанные первичные факторы определяют вторичные факторы, которые оказывают влияние на кинетику и структурообразование покрытий. К ним можно отнести: диаметр, скорость и температуру частиц, степень их окисления; степень активации, шероховатость и температуру подложки. Толщина напыленного слоя регулируется скоростью перемещения горелки, числом напыляемых слоев, относительно поверхности покрытия и за один проход должна составлять до 0,05 мм. При большой толщине напыленного слоя возможны перегревы и отслаивания покрытия. Толщина напыляемого покрытия ( $h$ ) определяется по формуле:

$$h = \frac{D_1 - D_2}{2} + \Delta, \quad (1)$$

где  $D_1$  – диаметр вала по чертежу, мм;  $D_2$  – диаметр вала после проточки, мм;  $\Delta$  – припуск на сторону для механической обработки после напыления, (0,1...0,5мм).

Подготовка поверхности перед напылением обеспечивает её очищение и выводит из состояния термодинамического равновесия, освобождая межатомные связи поверхностных атомов, т.е. химически активизирует подложку. На участках основы, поверхность которых имеет повышенную активность, характер соединения определяется диффузионными процессами [5]. Однако активность подложки быстро снижается из-за химической адсорбции газов и окисления. Экспериментально установленная зависимость прочности сцепления  $\sigma_{сц}$  от времени между подготовкой поверхности и нанесением покрытия  $\tau$  (рис. 1.), поэтому время между операциями подготовки поверхностей и нанесения покрытий необходимо максимально сокращать. Подготовка поверхности перед напылением обеспечивает её очищение и выводит из состояния термодинамического равновесия, освобождая межатомные связи поверхностных атомов, т.е. химически активизирует подложку. На участках основы, поверхность которых имеет повышенную активность, характер соединения определяется диффузионными процессами [5]. Однако активность подложки быстро снижается из-за химической адсорбции газов и окисления. Экспериментально установленная зависимость прочности сцепления  $\sigma_{сц}$

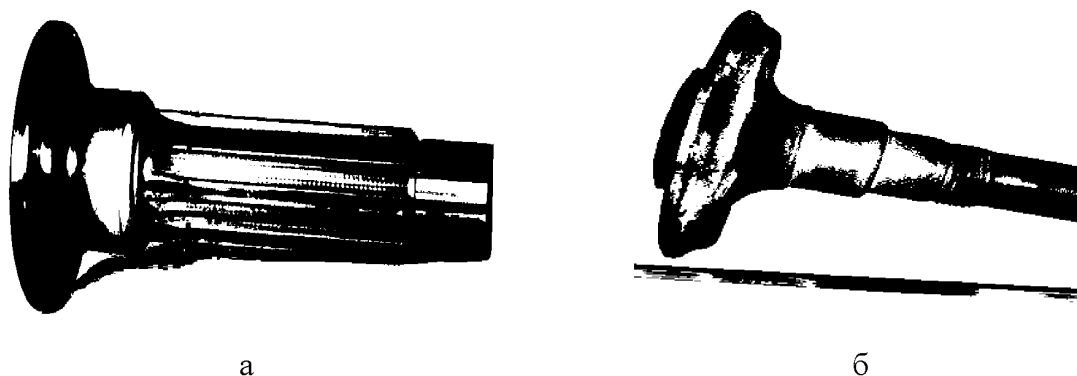
от времени между подготовкой поверхности и нанесением покрытия  $\tau$  (рис. 1.), поэтому время между операциями подготовки поверхностей и нанесения покрытий необходимо максимально сокращать.



**Рис.1** – Зависимость прочности сцепления газопламенного покрытия ПГ10Н-01 от времени между подготовкой поверхности и нанесением покрытий.

Предварительная обработка напыляемой поверхности необходима для обеспечения надежного контакта распыляемого материала и основного металла путем активации поверхностного слоя основы и удаления загрязнений. Наиболее распространенными методами подготовки поверхности под газопламенное покрытие являются дробе- и абразивоструйная обработка. При нанесении применяются газы, которые чаще других используют в производстве для нанесения покрытий: ацетилен и кислород (температура при использовании в качестве горючего газа ацетилена

достигает  $3200^{\circ}\text{C}$ , скорость истечения  $150-160 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ , скорость частиц порошка достигает  $40-50 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ ). Дистанция напыления -  $150...180 \text{ мм}$ ; расход газов: кислород, ацетилен -  $1,0...1,4; 0,6...1,5 \text{ м}^3/\text{ч}$  соответственно; давление газов: кислород -  $0,4...0,45$ , ацетилен -  $0,07...0,1 \text{ МПа}$ . Максимальная производительность при напылении –  $1,5...5,0 \text{ кг/ч}$ ; коэффициент использования материала –  $0,98$ . Уровень твердости наружного слоя находится в пределах  $56-62 \text{ HRC}$  для покрытия ПГ-10Н-01 и  $45-50 \text{ HRC}$  для покрытия ПГ-12Н-02, что соответствует требованиям, предъявляемым к поверхности новых деталей. Технологический процесс восстановления цилиндрических поверхностей валов газопламенным напылением, включает основные операции по подготовке поверхности детали и материалов к напылению, нанесению покрытия, окончательной механической обработке восстановленных деталей (рис.2).



**Рис. 2** - Детали, восстановленные газопламенным напылением, вал раздаточной коробки передач трактора Т-150К (а), полуось заднего моста автомобиля ВАЗ 2106 (б).

## Выводы

Для восстановительного ремонта деталей типа вал транспортных и автотракторных средств выбрано газопламенное напыление, являющееся простым и дешевым методом нанесения износостойких покрытий.

Разработана технология газопламенного напыления покрытий, с применением механической щеточной обработки для подготовки поверхности под напыление.

Восстановление и упрочнение деталей средств транспорта покрытиями, нанесенными газопламенным напылением, с применением щеточной обработки для подготовки поверхности под напыление, позволило повысить износостойкость деталей в 1,35-1,37 раза (табл.2) [6].

**Таблица 2** – Качественные показатели деталей трактора Т-150К, восстановленных и упрочненных газопламенным напылением

Способ восстановления	Деталь	Материал	Прочность сцепления, МПа	Среднее значение износа, мм
Газопламенное напыление	Вал раздаточной коробки передач	ПГ- 10Н-01	18-20	0,01-0,02
	Вал ступицы	ПГ-12Н-01	22-23	0,04-0,08
	Ось вертикального шарнира рамы	ПГ- 10Н-01	19-20	0,57

#### Список використаних джерел:

1. Кухтов В. Г. Долговечность деталей шасси колесных тракторов / В. Г. Кухтов. – Харьков : ХНАДУ, 2004. – 292 с.
2. Богуслаев А. В. Характеристики и применение напыления газотермических покрытий на деталях авиадвигателей и технологического оснащения / А. В. Богуслаев // *Сучасне машинобудування*. – 2000. – № 3-4. – С. 28-34.
3. Борисов Ю. С. Современные тенденции в развитии газотермического напыления покрытий / Ю. С. Борисов // *Пленки и покрытия 98: Труды 5-й междуна. конф.*, СПб., 23-25 сен. 1998 г. – СПб., 1998. – С. 14-19.
4. Шоршоров М. Х. Состояние и перспективы нанесения покрытий распылением / М. Х. Шоршоров, В. В. Кудинов, Ю. А. Харламов // *Физика и химия обработки материалов*. – 1977. – № 5. – С. 13-24.
5. Дерябкина Е. С. Сравнительная оценка качества различных технологий газопламенного напыления покрытий / Е. С. Дерябкина // *Вестник академи инженерных наук Украины*. – 2011. – Вип. 3. – С. 57-60.

#### References

1. Kuhtov, VG 2004, *Dolgovechnost detalej shassi kolesnyh traktorov*, Harkovskij avtomobilno-dorozhnyj institut, Harkov.
2. Boguslaev, AV 2000, 'Характеристики и применение напыления газотермических покрытий на деталях авиадвигателей и технологического оснащения', *Suchasne mashinobuduvannja*, no 3-4, pp. 28-34.
3. Borisov, JuS 1998, 'Sovremennye tendencii v razvitii gazotermicheskogo napylenija pokrytij', *Plenki i pokrytija 98*, Sankt-Peterburg, pp. 14-19.
4. Shorshorov, MH, Kudinov, VV & Harlamov, JuA 1977, 'Sostojanie i perspektivy nanesenija pokrytij raspyleniem', *Fizika i himija obrabotki materialov*, no. 5, pp. 13-24.
5. Derjabkina, ES 2011, 'Sravnitel'naja ocenka kachestva razlichnyh tehnologij gazoplamnogo napylenija pokrytij', *Vestnik akademi inzhenernyh nauk Ukrainy*, iss. 3, pp. 57-60.

Стаття надійшла до редакції 16 жовтня 2018 р.