

**A.A. Толкачев**

Федеральный научный  
агроинженерный центр ВИМ,  
Москва, Российская Федерация

✉ prolait1986@mail.ru

Поступила в редакцию:  
30.07.2022

Одобрена после рецензирования:  
10.09.2022

Принята к публикации:  
30.11.2022

Research article

**Alexey A. Tolkachev**

*Federal Scientific Agroengineering  
Center VIM, Moscow, Russian Federation*

✉ prolait1986@mail.ru

Received by the editorial office:  
30.07.2022

Accepted in revised:  
10.09.2022

Accepted for publication:  
30.11.2022

## Восстановление детали трактора методом электродуговой металлизации

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Трактора отличаются длительными межсервисными диапазонами и неприхотливостью в обслуживании. Но если своевременно не проводить обслуживание комплектующих элементов трактора (замена масла, фильтров и так далее), то образовавшиеся загрязнения начнут повреждать детали, а повышенное трение будет способствовать их износу и перегреву. Так как в настоящее время наблюдается острый дефицит оригинальных запчастей и цены на них достаточно высоки, то разработка технологических решений по восстановлению изношенных посадочных мест деталей тракторов является актуальной. Решить данную проблему может один из способов нанесения покрытий, а именно электродуговая металлизация. Цель исследования: на примере оси привода цилиндрической прямозубой шестерни трактора «John Deere» разработать технологию восстановления электродуговой металлизацией изношенного посадочного места под установку подшипника или сальникового уплотнения.

**Методы.** Определена марка материала оси, соответствующая российскому аналогу. Измерена твердость основы оси твердомером ТК-2М. Осуществлена предварительная механическая обработка восстанавливаемой поверхности. Дополнительно проведена струйно-корундовая обработка изношенной поверхности. Применена технология электродуговой металлизации для получения необходимого покрытия. Выполнена токарная обработка восстановленной поверхности до получения номинального диаметра посадочного места оси.

**Результаты.** Разработана технология восстановления посадочного места оси методом сверхзвуковой электродуговой металлизации. Установлены целесообразность и необходимость предварительного механического воздействия на посадочное место, заключающегося в нарезании резьбы и струйно-корундовой обработке, перед процессом сверхзвуковой электродуговой металлизации. Результаты исследования показали эффективность способа электродуговой металлизации для восстановления изношенного посадочного места оси привода цилиндрической прямозубой шестерни у тракторов. Себестоимость восстановления одного изношенного посадочного места оси составила 3000 рублей, что более чем в 10 раз дешевле оригинальной запчасти. При этом все механические свойства детали сохранились. Рекомендуется использовать способ электродуговой металлизации для восстановления изношенных посадочных мест осей всех импортных сельхозмашин.

**Ключевые слова:** ось привода трактора, износ, восстановление, электродуговая металлизация, импортозамещение

**Для цитирования:** Толкачев А.А. Восстановление детали трактора методом электродуговой металлизации. *Аграрная наука*. 2022; 365 (12): 135–138. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-365-12-135-138>

© Толкачев А.А.

## Restoration of a tractor part by the method of electric arc spraying

### ABSTRACT

**Relevance.** Tractors are distinguished by long inter-service ranges and easy maintenance. But if the tractor components are not serviced in a timely manner (oil change, filters, and so on), the resulting contamination will begin to damage the parts, and increased friction will contribute to their wear and overheating. Since there is currently an acute shortage of original spare parts and their prices are quite high, the development of technological solutions for the restoration of worn-out seats of tractor parts is relevant. One of the coating methods, namely electric arc spraying, can solve this problem. The purpose of the study: using the example of the drive axis of a cylindrical straight tooth gear of a "John Deere" tractor, develop a technology for restoring a worn-out seat by electric arc spraying for the installation of a bearing or an oil seal.

**Methods.** The brand of the axis material corresponding to the Russian analogue has been determined. The hardness of the axis base was measured with a TK-2M hardness tester. Preliminary mechanical treatment of the restored surface has been carried out. Additionally, jet-corundum treatment of the worn surface was carried out. The technology of electric arc spraying has been applied to obtain the necessary coating. Turning of the restored surface was performed until the nominal diameter of the axle seat was obtained.

**Results.** The technology of restoration of the axle seat by supersonic electric arc spraying has been developed. The expediency and necessity of preliminary mechanical action on the seat, consisting in threading and jet-corundum processing, before the process of supersonic electric arc spraying are established. The results of the study showed the effectiveness of the electric arc spraying method for restoring the worn-out seat of the drive axis of a cylindrical straight tooth gear in tractors. The cost of restoring one worn-out axle seat was 3,000 rubles, which is more than 10 times cheaper than the original spare part. At the same time, all the mechanical properties of the part have been preserved. It is recommended to use the method of electric arc spraying to restore the worn-out seat of the axles of all imported agricultural machines.

**Key words:** tractor drive axis, wear, restoration, electric arc spraying, import substitution

**For citation:** Tolkachev A.A. Restoration of a tractor part by the method of electric arc spraying. *Agrarian science*. 2022; 365 (12): 135–138. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-365-12-135-138> (In Russian).

© Толкачев А.А.

## Введение / Introduction

Несоблюдение правил эксплуатации, использование некачественного горючего и (или) смазочных материалов, масел приводят к тому, что посадочные места деталей у тракторов подвергаются повышенным нагрузкам и быстро изнашиваются.

Значительный вклад в износ деталей вносят также условия полевых работ.

Из-за дефицита и высоких цен запчастей восстановление изношенных посадочных мест деталей зарубежной техники является актуальной задачей.

Одним из перспективных способов нанесения покрытий является газотермическое напыление (ГТН) [1]. Указанный способ позволяет наносить как одностороннее, так и двухстороннее покрытие, а также различные по составу и механическим свойствам металлические композиции – многослойные, смеси компонентов.

Среди способов нанесения газотермических покрытий следует выделить электродуговую металлизацию, отличающуюся сравнительно высокой производительностью и низкой стоимостью нанесения покрытия [2].

Электродуговую металлизацию осуществляют так называемыми металлизационными аппаратами [3]. Одним из таких аппаратов является сверхзвуковой электродуговой металлизатор ЭДМ-5У, выполненный на базе стандартного итальянского мотор-редуктора. Данный металлизатор конструктивно прост в эксплуатации и не требует специального частого технического обслуживания.

Большое влияние как на адгезионную, так и на когезионную прочность оказывает марка проволоки. К повышению величины адгезии в 2–3 раза приводит, например, присутствие более 10% хрома или никеля в составе проволоки [4, 5].

Целью настоящей работы является разработка технологии восстановления электродуговой металлизацией изношенного посадочного места под установку подшипника или сальникового уплотнения на примере оси привода цилиндрической прямозубой шестерни трактора «John Deere».

Для решения поставленной в работе задачи требуется выполнить следующие основные теоретические и экспериментальные исследования:

- оценить влияние режима подготовки изношенной наружной поверхности на адгезионно-когезионные свойства получаемого покрытия;

- определить и выполнить этапы восстановления изношенного посадочного места.

## Материал и методы исследования / Materials and method

Материалы для исследований: ось привода цилиндрической прямозубой шестерни, изготовленная из конструкционной стали марки 40ХФА; корунд для струйно-корундовой обработки; проволока 20Х13 для электродуговой металлизации;

инструмент для токарной обработки (два вида токарных резцов: проходной и резьбовой).

Твердость измерили твердомером ТК-2М, предназначенным для измерения твердости поверхности образцов металлов по методу Роквелла в соответствии с ГОСТ 24622, ГОСТ 23677, ГОСТ 10242 и ГОСТ 3722. В комплект поставки твердомера входят стальные шарики для твердости 850 HV по ГОСТ 3722-81.

Способ получения покрытия: сверхзвуковая электродуговая металлизация.

Аппарат для нанесения покрытия – сверхзвуковой электродуговой металлизатор ЭДМ-5У.

Обработку осуществляли на токарном станке ИЖ-250ТВ.

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

Образовавшиеся загрязнения повреждают, а повышенное трение, возникающее в месте зацепления, – способствует износу и перегреву осей приводов цилиндрических прямозубых шестерен у тракторов.

На рис. 1 показана ось привода цилиндрической прямозубой шестерни трактора с изношенным посадочным местом.

Номинальный диаметр посадочного места оси без износа равен 60 мм.

Диаметр изношенной шейки оси составил приблизительно 59,5 мм.

Напыляемая поверхность должна проходить механическую обработку с созданием шероховатой и чистой от грязи и масла поверхности. Поэтому первым этапом восстановления явилась токарная обработка изношенного посадочного места до диаметра 59 мм.

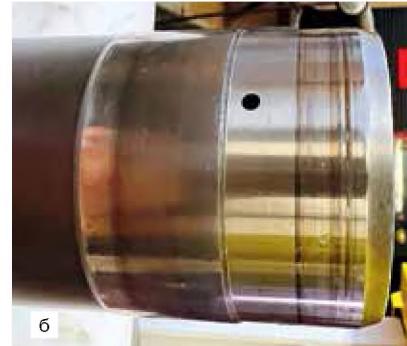
Рис. 1. Ось привода цилиндрической прямозубой шестерни трактора «John Deere» с изношенным посадочным местом

Fig. 1. The drive axis of the cylindrical straight tooth gear of the «John Deere» tractor with a worn-out seat



Рис. 2. Посадочные места оси привода цилиндрической прямозубой шестерни трактора «John Deere»: а – с износом; б – без износа

Fig. 2. Seats of the drive axis of the cylindrical straight tooth gear of the «John Deere» tractor: а – with wear; б – without wear



Воспользовавшись твердометром ТК-2М, определили твердость основы оси. Твердость, замеренная по методу Роквелла, составила 47,5 HRC, что говорит о закалке материала оси.

Подготовку к восстановлению термообработанных (закаленных) материалов, из которых изготавливают зарубежные детали сельхозтехники, проводят поочередно в два этапа: 1) нарезание «рваной» резьбы; 2) струйно-корундовая обработка.

С целью создания необходимой для адгезионной прочности шероховатости на изношенном посадочном месте применили метод нарезания так называемой «рваной» резьбы (резец ниже оси вращения на 1 мм) в режиме: скорость вращения – 80 об/мин., шаг – 1 мм.

На рис. 3 наглядно показана «рваная» резьба, нарезанная на изношенном посадочном месте.

Для активации поверхности перед металлизацией для закаленных деталей обязательным этапом является струйно-корундовая обработка.

Струйно-корундовая обработка — метод очистки твердых поверхностей путем воздействия абразивными материалами в качестве шлифовальных веществ. При этом абразивные материалы направляются на поверхность при помощи мощного потока сжатого воздуха, направленного через форсунку (сопло) [6].

Путем воздействия абразивных частиц на поверхность достигают двух целей: а) очищают металл от загрязнения; б) придают шероховатость. Использование различных абразивных материалов при струйно-корундовой обработке позволяет делать акцент на том или ином действии (а или б) [6].

Шероховатость повышает адгезионно-когезионные свойства материалов, что в конечном счете влияет на срок эксплуатации покрытия. При этом степень шероховатости довольно легко регулировать: достаточно применить конкретный абразив — корундовый порошок, стальной песок, карбид кремния и т.д. Следует обратить внимание на то, что высокие адгезионно-когезионные свойства получаемого покрытия могут быть достигнуты только при глубокой пескоструйной обработке поверхности металла (уровни Sa 2-1/2 и Sa 3, соответствующие международному стандарту ISO 8501-01, ГОСТ Р ИСО 8501-1-2014. Национальный стандарт Российской Федерации // Подготовка стальной поверхности перед нанесением лакокрасочных материалов и относящихся к ним продуктов. Визуальная оценка чистоты поверхности). Если не избавиться от следов коррозии, очаг поражения будет развиваться даже под нанесенным слоем.

Среднее рабочее давление системы составляет 6–8 атмосфер, а потому скорость подающихся частиц может быть 700–720 м/с. Данный показатель обеспечивает качественную очистку, а потому струйно-корундовую обработку специалисты считают лучшей подготовкой к процессу электродуговой металлизации.

Для очистки и придания требуемой шероховатости изношенному посадочному месту оси с «рваной» резьбой в качестве абразива использовали корундовый порошок с размером зёрен от 0,85 до 1,5 мм.

**Рис. 3.** Посадочное место оси привода цилиндрической прямозубой шестерни трактора «John Deere» с «рваной» резьбой

**Fig. 3.** The seat of the drive axis of the cylindrical straight tooth gear of the "John Deere" tractor with a "torn" thread



**Рис. 4.** Восстановленное посадочное место оси привода цилиндрической прямозубой шестерни трактора «John Deere»

**Fig. 4.** The restored seat of the drive axis of the cylindrical straight tooth gear of the "John Deere" tractor



Перед непосредственным проведением струйно-корундовой обработки наружные поверхности оси, не требующие восстановления, защищили алюминиевым скотчем.

Восстановление детали до требуемых размеров можно производить различными технологическими процессами: электродуговая наплавка, плазменное или газопламенное напыление и др. Из всех способов восстановления изношенных наружных поверхностей выбрали метод электродуговой металлизации, так как он высокопроизводителен и, что самое главное, не меняет механических свойств материала, на который наносят покрытие.

Сущность способа электродуговой металлизации заключается в нанесении покрытия путем распыления воздухом двух расходных электропроводных проволок, между которыми возбуждается дуговой разряд. Струя сжатого воздуха переносит частицы расплавленного металла на обрабатываемую поверхность.

Использование сверхзвуковых металлизационных аппаратов приводит к увеличению адгезионной прочности на 30–35%, что установлено теоретически и экспериментально [7, 8].

Проволока марки 20Х13, в составе которой содержится приблизительно 13% хрома (Cr), прекрасно подошла для использования в данном случае (предварительные испытания показали микротвердость покрытия: 490–580 МПа).

С целью создания припуска для дальнейшей механической обработки нанесли слой покрытия, обеспечивающий превышение на 1–1,5 мм от номинального диаметра посадочного места оси привода.

Окончательным этапом восстановления посадочного места оси привода является механическое воздействие на металлизированную поверхность [9, 10].

В нашем случае в качестве механического воздействия применили токарную обработку.

На рис. 4 показано восстановленное электродуговой металлизацией посадочное место оси привода цилиндрической прямозубой шестерни трактора. Половина ширины посадочного места подверглась токарной обработке проходным резцом.

С учетом стоимости всех этапов работы по восстановлению изношенного посадочного места на примере

оси привода цилиндрической прямозубой шестерни трактора «John Deere» себестоимость ремонта составила 3000 рублей, что более чем в 10 раз дешевле стоимости оригинальной запчасти.

Данная технология восстановления электродуговой металлизацией изношенного посадочного места под установку подшипника или сальникового уплотнения может быть рекомендована к применению.

### Выводы / Conclusion

Разработанная технология восстановления электродуговой металлизацией изношенного посадочного места под установку подшипника или сальникового

Автор несет ответственность за свою научную работу и представленные данные в научной статье.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чавдаров, А.В. Толкачёв А.А. Разработка технологии повышения прочностных характеристик газотермических покрытий при использовании термодинамического воздействия. Технический сервис машин. 2021; 4 (145). С. 138–14.
2. Хокинг М. и др. Металлические и керамические покрытия: Получение, свойства и применение. М.: Мир, 2000. 516 с.
3. Коломейченко А.В. и др. Оборудование и технологические рекомендации для нанесения покрытий электродуговой металлизацией. Транспортное машиностроение. 2022; 4 (4). С. 44–50.
4. Новиков, Е.П. Латыпов Р.А. Исследование адгезионной прочности газодинамических покрытий. Сборник научных статей Международной научно-технической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения академика А.А. Байкова. 2020; С. 127–130.
5. Коломейченко А.В. и др. Анализ факторов, влияющих на адгезионную прочность электрометаллизационных покрытий. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агронженерный университет имени В.П. Горячина». 2019; 4 (92). 35–41.
6. Козлов Д.Ю. Бластинг: Гид по высокоеффективной абразивисторной очистке. Екатеринбург: ООО «ИД «Оригами», 2007. С. 216.
7. Коломейченко, А.В. Логачев В.Н., Измалков А.А. Недостатки процесса электродуговой металлизации и способы их устранения. В сборнике: актуальные проблемы агронженерии в XXI веке. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию кафедры технической механики конструирования машин. 2018; С. 437–440.
8. Денисов, В.И. Восстановление деталей методом сверхзвуковой электродуговой металлизации. Технологический процесс. ФГБНУ ГОСНИТИ. М., 2015. 40 с.
9. Луканин, В.Л. Удалова Е.В., Куликов В.Н. Многофункциональные композиционные покрытия нового типа. Технологии упрочнения, нанесения покрытий и ремонта: теория и практика. Материалы 14 Международной научно-практической конференции, 17–20 апреля, Санкт-Петербург, 2012; 2, 225–230.
10. Корж В.Н. Ворона Т.В., Логата А.В. Комбинированные методы инженерии поверхности. Комплексне забезбечення якості технологічних процесів та систем: Матер. 4-ї междун. наук.-практ. конф., 19–21 травня 2014, Чернігів: ЧНТУ, 2014. 159–163.

### ОБ АВТОРЕ:

**Алексей Александрович Толкачев,**  
младший научный сотрудник Федеральный Научный  
Агронженерный Центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, 5,  
Москва, 109428, Российской Федерации  
e-mail: prolait1986@mail.ru,  
<https://orcid.org/0000-0002-0685-2306>.

уплотнения на примере оси привода цилиндрической прямозубой шестерни трактора поможет разрешить проблему импортозамещения деталей зарубежной сельхозтехники в России на сегодняшний день. Установлено, что необходимым условием для восстановления изношенных термообработанных (закаленных) посадочных мест деталей зарубежной техники является применение «рваной» резьбы с последующей струйно-корундовой обработкой.

Выявлено, что существенное влияние на адгезионные и когезионные свойства будущего покрытия оказывают скорость истечения сжатого воздуха из сопла и выбор марки напыляемой проволоки.

The author is responsible for his scientific work and the data presented in the scientific article.

### REFERENCES

1. Chavdarov, A.V. Tolkachev A.A. Development of technology for improving the strength characteristics of gas-thermal coatings using thermodynamic effects. Technical service of machines. 2021; 4 (145). 138–148. (in Russian).
2. Hawking M. end. al. Metal and ceramic coatings: Production, properties and application. M.: Mir, 2000. 516 p. (In Russian).
3. Kolomeichenko, A. V. end. al. Equipment and technological recommendations for coating with electric arc metallization. Transport engineering. 2022; 4 (4). 44–50. (In Russian).
4. Novikov E.P., Latypov R.A. Investigation of adhesive strength of gas-dynamic coatings. Collection of scientific articles of the International Scientific and Technical Conference dedicated to the 150th anniversary of the birth of Academician A.A. Baykov. 2020; 127–130. (In Russian).
5. Kolomeichenko A. V. end. al. Analysis of factors affecting the adhesive strength of electrometallization coatings. Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "V.P. Goryachkin Moscow State Agroengineering University". 2019; 4 (92). 35–41. (In Russian).
6. Kozlov D.Yu. Blasting: A guide to high-performance abrasive blasting. Yekaterinburg: LLC "ID "Origami"; 2007. p. 216. (In Russian).
7. Kolomeichenko A.V., Logachev V. N., Izmalkov A. A. Disadvantages of the process of electric arc metallization and ways to eliminate them. In the collection: actual problems of agroengineering in the XXI century. Materials of the International scientific and Practical conference dedicated to the 30th anniversary of the Department of Technical Mechanics of Machine Design. 2018; 437–440. (In Russian).
8. Denisov, V. I. Restoration of parts by supersonic electric arc metallization. Technological process. State Scientific Institution All-Russian Research Technological Institute for the Repair and Operation of the Machine and Tractor Fleet of the Russian Academy of Agricultural Sciences. M., 2015. 40 p. (In Russian).
9. Lukanin V. L. Udalova E. V., Kulikov V. N. Multifunctional composite coatings of a new type. Hardening, coating and repair technologies: theory and practice. Proceedings of the 14th International Scientific and Practical Conference, April 17–20, St. Petersburg, 2012; 2, 225–230. (In Russian).
10. Korzh V. N., Vorona T. V., Shovel A. V. Combined methods of surface engineering. Complex safety of technological processes and systems: Mater. 4th international nauk.-practical. Conf., 19–21 May 2014, Chernigiv: ChNTU, 2014. 159–163. (in Ukrainian).

### ABOUT THE AUTHOR:

**Alexey Alexandrovich Tolkachev,**  
junior researcher at the Federal Scientific Agroengineering  
Center VIM  
5, 1st Institutskiy pioezd, Moscow, 109428, Russian Federation  
e-mail: prolait1986@mail.ru,  
<https://orcid.org/0000-0002-0685-2306>.