

Казинаускас Алексей Юрьевич

Аспирант,
Череповецкий государственный университет
(Череповец, Россия)
E-mail: trein.92@mail.ru

Kazinauskas Alexey Yuryevich

Post-graduate student,
Cherepovets State University
(Cherepovets, Russia)
E-mail: trein.92@mail.ru

Ершов Евгений Валентинович

Доктор технических наук, профессор,
Череповецкий государственный университет
(Череповец, Россия)
E-mail: ershov_ev@mail.ru

Ershov Evgeny Valentinovich

Doctor of technical sciences, Professor,
Cherepovets State University
(Cherepovets, Russia)
E-mail: ershov_ev@mail.ru

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
И ПРОГРАММНОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ
ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКОЙ
И НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ**

**MATHEMATICAL SUPPORT
AND SOFTWARE FOR LASER
PROCESSING AND DRAWINGS
COVERING MANAGEMENT**

Аннотация. В данной статье рассматривается нанесение функциональных и защитных покрытий на изношенные участки деталей, что позволяет увеличить срок эксплуатации промышленного оборудования и его эксплуатационную надежность либо восстановить геометрию изношенной детали. В ходе работы была построена системная модель процесса нанесения функциональных и защитных покрытий на обрабатываемую деталь.

Ключевые слова: роботизированный комплекс, лазерная обработка, защитное покрытие, восстановление, системная модель

Abstract. In this article drawing functional coating and sheeting on worn-out sites of details that will allow to increase the term of operation of the industrial equipment and its operational reliability, or to restore geometry of a worn-out detail is considered.

During the work the system model of process of drawing functional coating and sheeting on the processed detail has been constructed.

Keywords: Robotized system, laser processing, sheeting, restoration, system model

Введение

Одной из главных проблем предприятий металлургического комплекса является быстрый износ узлов и агрегатов. Актуальность темы обусловлена востребованностью и экономической эффективностью решений по защите от коррозии, восстановлению деталей и продления сроков эксплуатации оборудования.

Техническим решением по восстановлению изношенных деталей оборудования является нанесение функциональных и защитных покрытий на изношенные участки

деталей. Нанесение на поверхность детали либо оборудования слоя металла позволяет увеличить срок его эксплуатации и его эксплуатационную надежность либо восстановить геометрию изношенной детали [5].

В настоящее время лазерная обработка и нанесение покрытия на деталь производится в ручном режиме при помощи сервопривода вращателя, который не обеспечивает требуемой точности и оперативности выполнения технологических операций. Как следствие, возникают дополнительные затраты на последующую обработку и устранение недочетов.

Главной целью работы является разработка программного обеспечения, позволяющего управлять роботизированным комплексом лазерной обработки и нанесения покрытий.

В работе предложена реализация подхода для повышения эффективности обработки деталей на основе автоматизированного управления, обеспечивающего оперативность и точность технологического процесса [2].

Основная часть

Для комплекса лазерной обработки и нанесения покрытий необходима управляющая система, позволяющая обеспечить подачу всех необходимых материалов. Также система должна обеспечивать возможность регулировки и корректировки параметров и воспроизведения технологических режимов, которые различаются в зависимости от наносимого материала и требований, предъявляемых к покрытию.

В ходе работы была построена основная, управляющая всем комплексом, системная модель процесса нанесения функциональных и защитных покрытий на обрабатываемую деталь, модель можно показать через взаимодействие четырех уровней системы (рис. 1):

1. Уровень технологии.
2. 1-й уровень автоматизации.
3. 2-й уровень автоматизации.
4. Уровень планового управления.

На каждом уровне детально описывается взаимодействие блоков внутри уровня и взаимодействие уровней между собой.

Уровень планового управления включает две системы:

1. ERP-система – это корпоративная информационная система для автоматизации планирования, учета, контроля и анализа всех основных бизнес-процессов и решения бизнес-задач в масштабе предприятия (организации). ERP-система помогает интегрировать все отделы и функции компании в единую систему.

2. Система планирования обработки деталей – это внутренняя система предприятия, которая планирует количество, вид и уровень восстановления деталей.

На 1-м уровне автоматизации показаны механические системы манипулятора и механические системы передвижения, которые взаимодействуют с контроллером через приводы.

На 2-м уровне автоматизации показана обобщенная схема работы блока управления лазерной обработкой. Блок включает в себя подсистемы ввода управляющих параметров, модуль расчета параметров, модуль визуализации технологического процесса. Подсистема корректировки параметров взаимодействует с подсистемой

окружающей среды. Блок управления лазерной обработкой взаимодействует с 1-м уровнем автоматизации с помощью системы передачи данных на контроллеры. На уровне технологии схематически показан процесс обработки детали.

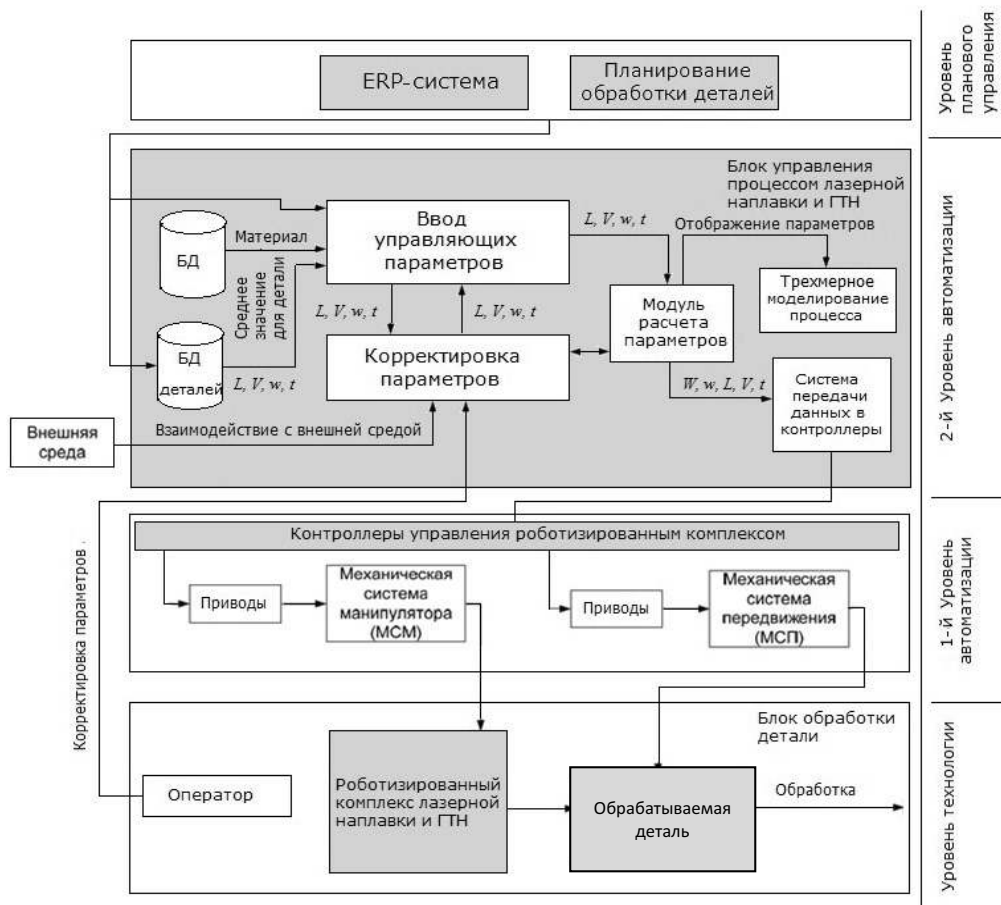


Рис. 1. Системная модель процесса нанесения функциональных и защитных покрытий на обрабатываемую деталь

Каждая подсистема в совокупности с передаваемыми данными и параметрами образует блок управления лазерной обработкой. Оператор взаимодействует со всей системой через второй уровень автоматизации путем корректировки, задания технологических параметров для увеличения точности нанесения покрытий на деталь. Такое размещение позволит оператору моделировать процесс с помощью 3D-визуализации и находиться на безопасном расстоянии от обрабатываемой детали.

В модуле расчета при вводе необходимого минимума параметров обрабатываемой детали и материала, которым будет выполнена обработка, производится расчет данных, далее они поступают в модуль передачи на контроллеры. Для шаблонных деталей создана база данных, из которой можно выгрузить уже готовые решения с параметрами, привязанными к детали.

На рис. 2 представлена кинематическая схема нанесения покрытий на детали трех форм: цилиндр, усеченный конус, диск.

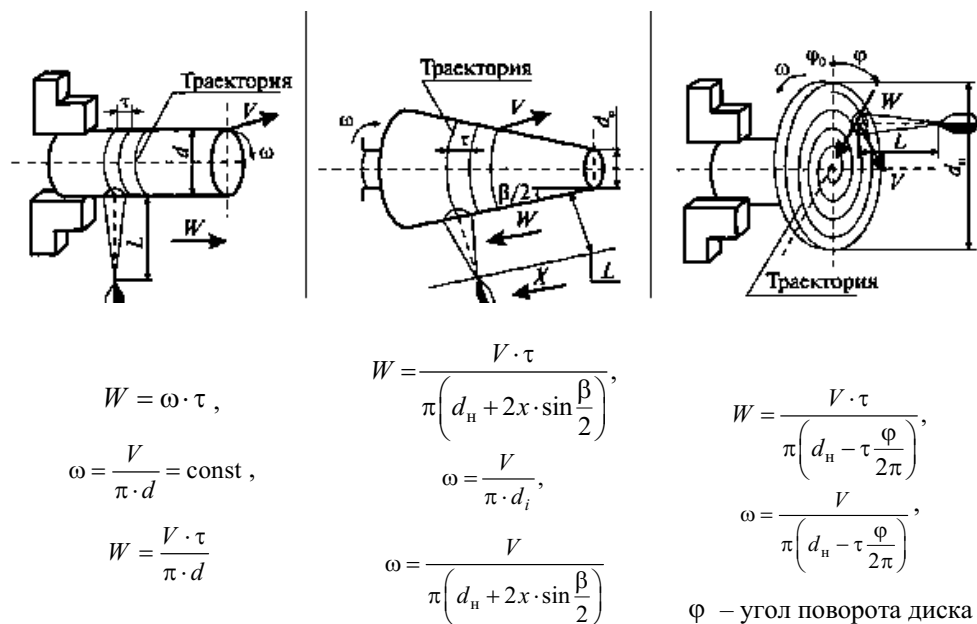


Рис. 2. Кинематическая схема нанесения покрытий на детали

Таким образом, при нанесении покрытия на деталь цилиндрической формы с параметрами (пятно 16 мм), на цилиндрическую поверхность диаметром 500 мм, со скоростью 20 мм/с (что соответствует 1200 мм/мин.), линейную скорость перемещения W определим как:

$$W = \frac{V \cdot \tau}{\pi \cdot d} = \frac{1200 \cdot 16}{\pi \cdot 500} = 12,2 \text{ мм/мин.}$$

Соответственно, частоту вращения детали можно определить по формуле:

$$\omega = \frac{W}{\tau} = \frac{12,2}{16} = 0,76 \text{ об./мин.}$$

При данных значениях линейного перемещения и скорости подачи, при восстановлении деталей или напылении упрочняющего слоя можно осуществить напыление покрытия толщиной около 110 мкм. При необходимости изменения толщины слоя, характеристик покрытия осуществляется либо изменение скорости подачи и вращения, либо коэффициента перекрытия слоев (влияет на равномерность покрытия). В большинстве технологических случаев для обеспечения требуемой толщины покрытия и его минимальной разнотолщинности в процессе механизированной обработки необходимо изменять один или несколько параметров.

Программная реализация блока управления лазерной обработкой была выполнена в среде разработки Microsoft Visual Studio 2012 на языке C# (свидетельство № 2015612635 о государственной регистрации в Роспатент). Выбор инструментов во многом определил и технологию проектирования, разработки и развертывания решения.

Выводы

Использование программного обеспечения комплекса лазерной обработки и нанесения покрытий позволит использовать установку для нанесения качественных и равномерных покрытий на поверхности тела вращения с использованием вращателя с кареткой линейного перемещения. Равномерное нанесение покрытий и точный расчет параметров дает возможность осуществлять качественное восстановление и максимально снизить дальнейшую механическую обработку.

Было выполнено тестирование и экспериментальная проверка блока управления лазерной обработкой. С помощью данной программной реализации увеличивается качество наносимого покрытия и скорость обработки деталей путем сокращения необходимости в дальнейшей обработке. Таким образом, оперативность выполнения технологических операций повысилась в 1,2 раза, точность – на 8,7 %.

Литература

1. Горохова М.Н. и др. Нанесение износостойких покрытий комбинированными способами обработки в условиях малых ремонтных предприятий. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет, 2012. 332 с.
2. Ершов Е.В., Казинаускас А.Ю., Варфоломеев И.А., Виноградова Л.Н. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015612635 от 24.02.2015. Программное обеспечение для управления роботизированным комплексом лазерной обработки нанесения покрытий. Зарег. 24.02.20015. М.: Роспатент, 2015.
3. Зенин Б.С., Слосман А.И. Современные технологии поверхностного упрочнения и нанесения покрытий. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 120 с.
4. Ильющенко А.Ф., Шевцов А.И., Оковитый В.А. Процессы формирования газотермических покрытий и их моделирование. Минск: Беларус. навука, 2011. 357 с.
5. Казинаускас А.Ю., Ершов Е.В. Управление роботизированным комплексом лазерной обработки и нанесения покрытий // Вестник Череповецкого государственного университета. 2015. №6. С. 11–14.

References

1. Zenin B.S., Slosman A.I. *Sovremennyye tekhnologii poverhnostnogo uprochneniia i naneseniia pokrytii* [Modern technologies of superficial hardening and drawing coverings: Manual]. Tomsk: Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2012. 120 p.
2. Gorohova M.N. i dr. *Nanesenie iznosostoikih pokrytii kombinirovannymi sposobami obrabotki v usloviiah malyh remontnykh predpriyatii* [Drawing wearproof coverings combined methods of processing in the conditions of small repair shops]. Riazan': Riazanskii gosudarstvennyi agrotekhnologicheskii universitet, 2012. 332 p.
3. Il'yushchenko A.F., Shevcov A.I., Okovityi V.A. *Processy formirovaniya gazotermicheskikh pokrytii i ih modelirovanie* [Processes of formation of gas-thermal coverings and their modeling]. Minsk: Belarus. navuka, 2011. 357 p.
4. Ershov E.V., Kazinauskas A.Iu., Varfolomeev I.A., Vinogradova L.N. *Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registracii programmy dlya EHVМ № 2015612635 ot 24.02.2015. Programmnoe*

obespechenie dlya upravleniya robotizirovannym kompleksom lazernoi obrabotki nanoseniya pokrytii. Zareg. 24.02.20015 [Certificate on the state registration of the computer program No. 2015612635 from 2.24.2015. The software for management of a robotic complex of laser processing of drawing coverings]. Moscow: Rospatent, 2015.

5. Kazinauskas A.Iu., Ershov E.V. Upravlenie robotizirovannym kompleksom lazernoi obrabotki i nanoseniia pokrytii [Management of a robotic complex of laser processing and drawing coverings]. *Vestnik Cherepoveckogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Cherepovets State University], 2015, no. 6, pp. 11–14.

Для цитирования: Казинаускас А.Ю., Ершов Е.В. Математическое и программное обеспечение управления лазерной обработкой и нанесение покрытий // Вестник Череповецкого государственного университета. 2018. №3(84). С. 31–36. DOI: 10.23859/1994-0637-2018-3-84-4.

For citation: Kazinauskas A.Y., Ershov E.V. Mathematical support and software for laser processing and drawings covering management. *Bulletin of the Cherepovets State University*, 2018, no. 3 (84), pp. 31–36. DOI: 10.23859/1994-0637-2018-3-84-4.