

УДК 621.9.047

DOI: 10.12737/article_5a70c1056a7c84.65409961

С.Ю. Съянов, к.т.н.,

А.М. Папикян, аспирант

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

241035, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7)

E-mail: serg620@ya.ru; Papikan-alina@mail.ru

Функционально-ориентированные технологии при электроэрозионной обработке

Описаны основные этапы разработки функционально-ориентированных технологических процессов электроэрозионной обработки. Приведены теоретические зависимости усталостной прочности и износостойкости поверхностей от условий электроэрозионной обработки, дающие возможность обеспечить эксплуатационные показатели сложнопрофильных деталей.

Ключевые слова: функционально-ориентированный технологический процесс; электроэрозионная обработка; эксплуатационные показатели; качество поверхностного слоя.

S.Yu. Siyanov, Can. Eng.,

A.M. Papikyan, Post graduate student

(FSBEI HE “Bryansk State Technical University” 7, 50 Years of October Boulevard, Bryansk, 241035)

Functionally-directed technologies at electro-erosion processing

An electro-erosion processing (EEP) is one of the efficient and economically advantageous methods of material machining in mechanical engineering. The EEP has a number of considerable advantages widening a field of practical use of this machining method at manufacturing different products of mechanical engineering. Currently used technologies of product electro-erosion processing ensure essential operational characteristics for limited working conditions only. The solution of this matter is possible on the basis for product manufacturing by electro-erosion methods of functionally-directed technology application. With the aid of this methodology still at the stage of engineering procedure design it is possible to ensure the specified operational characteristics depending on electro-erosion processing modes.

Keywords: functionally-directed engineering procedure; electro-erosion processing; operational characteristics; surface layer quality.

Электроэрозионная обработка (ЭЭО) – один из прогрессивных и экономически выгодных методов обработки материалов в машиностроении. ЭЭО позволяет проводить обработку как электропроводящих, так и неэлектропроводящих материалов независимо от их физико-механических свойств, формы и расположения поверхностей обрабатываемых деталей, что выгодно отличает ее от механической обработки резанием, в особенности при обработке труднообрабатываемых материалов.

Несмотря на положительные технические, технологические и экономические показатели, ЭЭО имеет свои области применения и недос-

татки из-за своей физической природы. Основной недостаток ЭЭО – высокая энергоемкость, по сравнению с обработкой резанием, при изготовлении деталей простой формы из конструкционных материалов при одинаковых условиях обработки (производительности и качестве поверхностного слоя).

ЭЭО экономически выгодно применять при обработке изделий сложной пространственной формы из труднообрабатываемых материалов, а также в тех случаях, когда поверхности достаточно сложно изготовить другими методами обработки.

Таким образом, ЭЭО имеет ряд существенных преимуществ, которые расширяют об-

ласть практического применения данного метода обработки при производстве различных изделий машиностроения.

Процессы, протекающие при ЭЭО, подробно изучены, выявлено влияние технологических режимов обработки на качество поверхностного слоя, точность, износ электрода-инструмента и производительность процесса [1 – 5].

Однако разрушения механизмов и машин (износные, усталостные, коррозионные и др.) начинаются с рабочих поверхностей деталей, поэтому разработка мероприятий по повышению их надежности на основе обеспечения заданных, требуемых или предельных эксплуатационных свойств является актуальной проблемой. Данная проблема обычно решается на этапе конструкторской и технологической подготовки производства изделий.

Особенно важным этапом подготовки производства изделий является разработка и ре-

ализация технологического процесса их изготовления. Именно на этом этапе формируются свойства изделий, необходимые для выполнения требуемых эксплуатационных функций.

Также можно отметить, что применяемые в настоящее время технологии электроэрозионной обработки изделий обеспечивают необходимые эксплуатационные показатели только для ограниченных условий работы. Решение данного вопроса возможно за счет применения функционально-ориентированных технологий [6, 7].

Задача, которая решается при разработке функционально-ориентированного технологического процесса ЭЭО, – определение оптимальных условий ведения ЭЭО, обеспечивающих требуемые значения эксплуатационных свойств рабочих поверхностей, следовательно, повышение надежности изделия в целом (рис. 1).

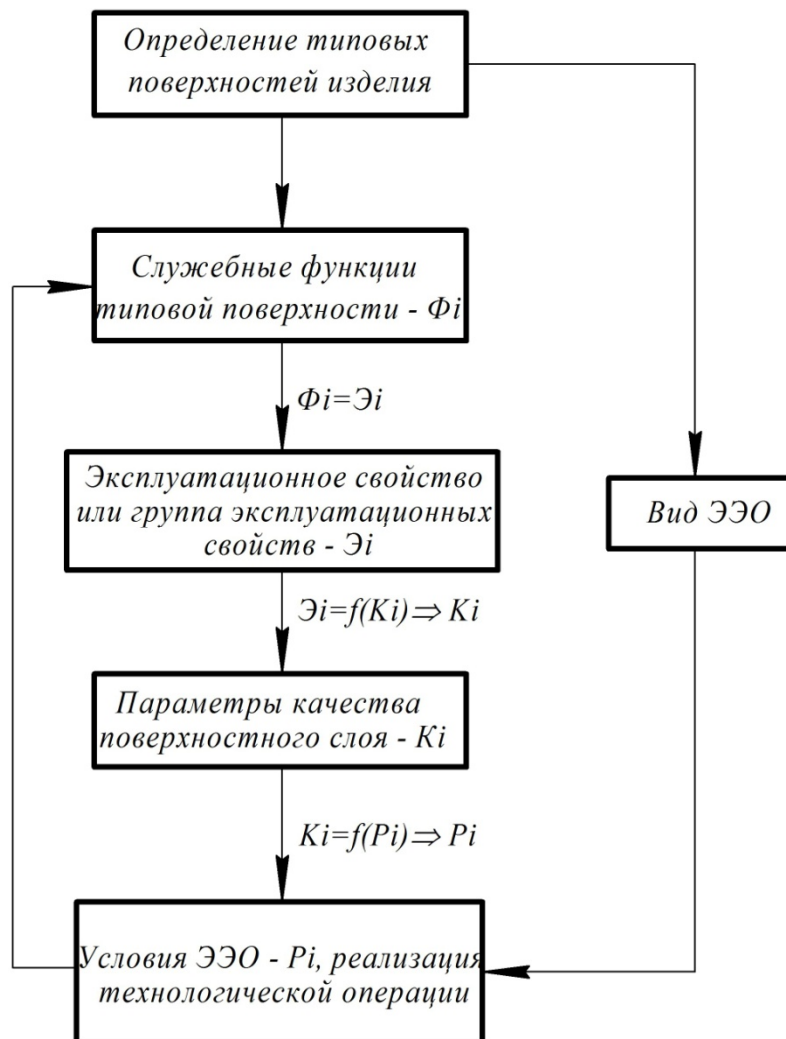


Рис. 1. Этапы разработки функционально-ориентированного технологического процесса электроэрозионной обработки

Основные этапы разработки функционально-ориентированных технологических процессов ЭЭО следующие:

- 1) анализ основных элементов конструкции и выделение типовых поверхностей изделия;
- 2) определение служебных функций типовых поверхностей изделия;
- 3) определение эксплуатационного свойства или группы эксплуатационных свойств, обеспечивающих выполнение поверхностью изделия служебной функции;
- 4) определение параметров качества поверхностного слоя, обеспечивающих эксплуатационное свойство или группу эксплуатационных свойств;
- 5) рассмотрение схемы технологического воздействия, вариантов и условий реализации технологических операций ЭЭО для обеспечения необходимых параметров качества поверхностного слоя.

Исходными данными для проектирования технологического процесса ЭЭО являются материал детали, геометрические характеристики обрабатываемой поверхности, припуск на обработку, геометрические и физико-механические параметры качества поверхностного слоя детали, точность обработки, допустимый износ электрода-инструмента и требуемая производительность процесса.

Классификацию типовых поверхностей деталей осуществляют с учетом общих требований к разработке технологического процесса. Технологический процесс обработки заготовки определяется формой (конфигурацией), точностью обработки и качеством обработанной поверхности, материалом детали, размерами, годовой программой выпуска и общей производственной обстановкой. Соответственно технологический процесс обработки типовых поверхностей детали также должен учитывать перечисленные выше условия (требования, данные и т.п.). Однако применительно к типовой поверхности перечень определяющих факторов может быть сужен. Наиболее существенные показатели для типовой поверхности с точки зрения выбора маршрута обработки – форма (вид) поверхности, точность и качество поверхности, вид материала заготовки.

Разбив изделие на типовые поверхности, необходимо определить их служебные функции. Любое изделие предназначено выполнять соответствующее служебное назначение посредством своих поверхностей. Следовательно, каждая поверхность изделия предназначена выполнять определенную служебную функцию.

После определения служебных функций Φ_i поверхностей изделий необходимо определить эксплуатационные свойства Ξ_i (износостойкость, усталостная прочность, контактная жесткость, коррозионная стойкость и др.), которые будут обеспечивать выполнение требуемой эксплуатационной функции.

Зная эксплуатационные свойства Ξ_i и функциональные взаимосвязи данных эксплуатационных свойств с технологическими параметрами, а именно с качеством поверхностного слоя $\Xi_i = f(K_i)$ [8], можно определить, оптимальные параметры качества поверхностного слоя K_i , необходимые для обеспечения требуемой эксплуатационной функции поверхности Φ_i .

Используя полученные параметры качества поверхностного слоя K_i , физику процесса ЭЭО и функциональную взаимосвязь параметров качества поверхностного слоя с условиями ведения ЭЭО ($K_i = f(P_i)$) [1 – 5], определяют необходимые технологические воздействия P_i (материал электрода-инструмента, свойства диэлектрической жидкости, технологический ток, технологическое напряжение, длительность и скважность импульса и др.) для обеспечения требуемой эксплуатационной функции поверхности изделия Φ_i . Это позволяет еще на стадии проектирования технологического процесса электроэрозионной обработки установить взаимосвязь режимов обработки с требуемыми эксплуатационными показателями.

Так, для обеспечения усталостной прочности (1) и износостойкости (2) получены теоретические зависимости, связывающие условия ЭЭО (материал электрода-инструмента, свойства диэлектрической жидкости, технологический ток, технологическое напряжение, длительность и скважность импульса и др.) с указанными эксплуатационными параметрами [9]:

$$\alpha_\sigma = 1 + \frac{1,86\gamma^{0,5}}{\sqrt[6]{(2 \cdot \beta - 1) \cdot I \cdot U \cdot \eta \cdot \tau}} \cdot \sqrt[6]{(4 \cdot \beta + 1) \cdot c \cdot \rho \cdot T_{пл}}, \quad (1)$$

$$C = \frac{\left[\sqrt[3]{\frac{I\tau\eta}{c \cdot \rho \cdot T_{пл}}} \cdot \left(\sqrt[3]{U_{max}} - \sqrt[3]{U_{min}} \right) \cdot H_{max} \right]^{1/6}}{0,0005 \cdot \left(\frac{(2\beta - 1) \cdot I \cdot U \cdot \eta \cdot \tau}{(4\beta + 1) \cdot c \cdot \rho \cdot T_{пл}} \right)^{1/6} \cdot \left(\frac{\left(10^{-3} \cdot \frac{A_u^{0,234} \cdot \Pi_{и}^{0,409}}{\Pi_{д}^{0,236}} \right) - H_u}{10^{-3} \cdot \frac{A_u^{0,234} \cdot \Pi_{и}^{0,409}}{\Pi_{д}^{0,236}}} \right)^{2/3} \cdot \left(\frac{\delta_B - \delta''_{ост}}{\delta_a} \right)^t}, \quad (2)$$

где β – коэффициент перекрытия лунок; I – сила тока; U – напряжение, подаваемое на электроды; η – коэффициент полезного использования энергии импульса; τ – длительность импульсов; c – удельная теплоемкость материала; ρ – плотность материала; $T_{пл}$ – температура плавления материала; H_{max} – макроотклонения поверхности; U_{max} – максимальное напряжение при обработке; U_{min} – минимальное напряжение при обработке; H_u – микротвердость исходного материала; A_u – энергия импульса; $\Pi_{д}$ – коэффициент фазовых превращений Палатника материала детали; $\Pi_{и}$ – коэффициент фазовых превращений Палатника материала инструмента; δ_B – временное сопротивление разрушению; δ_a – действующее значение амплитудного напряжения на поверхности трения; t – параметр фрикционной усталости при упругом контакте; γ – коэффициент после электроэрозионной обработки, который будет определен в ходе экспериментальных исследований.

Заключение

В статье изложен общий подход к разработке функционально-ориентированных технологических процессов электроэрозионной обработки на основе целого комплекса новых принципов проектирования технологических процессов. Для реализации функционально-ориентированных технологий ЭЭО приведена общая методология и методика их выполнения. Функционально-ориентированные технологии ЭЭО существенно повышают технико-экономические показатели эксплуатации изделий и обеспечивают реализацию их полного потенциала возможностей. Создаются возможности для обеспечения равной долговечности и качества эксплуатации всех элементов изделия. При этом существенно снижаются трудовые затраты на изготовление изделий и их себестоимость. Приведены функциональные зависимости эксплуатационных показателей (усталостной прочности и износостойкости) от режимов электроэрозионной обработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сьянов, С.Ю. Связь параметров электрофизической обработки с показателями качества поверхности, износа инструмента и производительностью процесса // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2008. – № 1 (17). – С. 14–19.
2. Федонин, О.Н., Сьянов, С.Ю. Методика определения технологических остаточных напряжений при механической и электрофизической обработке // Обработка

металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2002. – № 4. – С. 32.

3. Федонин, О.Н., Сьянов, С.Ю., Фомченкова, Н.И. Управление износом инструмента и производительностью процесса при электроэрозионной обработке // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2014. – № 3. – С. 85–88.

4. Сьянов, С.Ю. Технологическое управление параметрами качества поверхностного слоя деталей машин при электроэрозионной обработке // Научные технологии в машиностроении. – 2014. – № 6 (36). – С. 24–29.

5. Сьянов, С.Ю. Теоретическое определение параметров качества поверхностного слоя деталей, износа электрода-инструмента и производительности процесса при электроэрозионной обработке // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2016. – № 1 (49). – С. 67–73.

6. Михайлов, А.Н. Общие особенности функционально-ориентированных технологий и принципы ориентации их технологических воздействий и свойств изделий // Машиностроение и техносфера XXI века: сб. тр. XIV междунар. науч.-техн. конф. (г. Севастополь, 17–22 сент. 2007 г.): в 5 т. – Донецк: ДонНТУ, 2007. – Т. 3. – С. 38 – 52.

7. Научные технологии в машиностроении / А.Г. Суслов, Б.М. Базров, В.Ф. Безъязычный и др.; под ред. А.Г. Суслова. – М.: Машиностроение, 2012. – 528 с.

8. Научные основы технологии машиностроения / А.Г. Суслов, А.М. Дальский. – М.: Машиностроение, 2002. – 684 с.

9. Федонин, О.Н., Сьянов, С.Ю., Папикян, А.М. Обеспечение износостойкости и усталостной прочности поверхностей при электроэрозионной обработке // Научные технологии в машиностроении. – 2017. – № 11 (77). – С. 10–14.

REFERENCES

1. Siyanov, S.Yu. Parameter connection of electro-physical treatment with indices of surface quality, tool wear and process productivity // *Bulletin of Bryansk State Technical University*. – 2008. – No.1 (17). – pp. 14-19.

2. Fedonin, O.N., Siyanov, S.Yu. Procedure of residual technological stresses definition at machining and electro-physical processing // *Metal Processing (Techniques, Equipment, Tools)*. – 2002. – No.4. – pp. 32.

3. Fedonin, O.N., Siyanov, S.Yu., Fomchenkova, N.I. Management of tool wear and process productivity at electro-erosion processing // *Bulletin of Bryansk State Technical University*. – 2014. – No.3. – pp. 85-88.

4. Siyanov, S.Yu. Technological control of surface layer quality parameters in machine parts at electro-erosion processing // *Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering*. – 2014. – No.6 (36). – pp. 24-29.

5. Siyanov, S.Yu. Theoretical definition of quality parameters of parts surface layer, tool electrode wear and process productivity at electro-erosion processing // *Bulletin of*

Bryansk State Technical University. – 2016. – No.1 (49). – pp. 67-73.

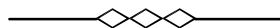
6. Mikhailov, A.N. General peculiarities of functionally-directed technologies and orientation principles of their technological effects and product properties // *Mechanical Engineering and Technosphere of the XXI-st Century: Proceedings of the XIV-th Inter. Scintif.-Tech. Conf.* (Sevastopol, September 17-22, 2007): in 5 Vol. – Donetsk: DonNTU, 2007. – Vol.3. – pp. 38-52.

7. *Science Intensive Technologies in mechanical Engineering* / A.G. Suslov, B.M. Bazrov, V.F. Beziyazychny et al.; under the editorship of A.G. Suslov. – M.: Mechanical Engineering, 2012. – pp. 528.

8. *Scientific Fundamentals of Engineering Techniques* / A.G. Suslov, A.M. Dalsky. – M.: Mechanical Engineering, 2002. – pp. 684.

9. Fedonin, O.N., Siyanov, S.Yu., Papikyan, A.M. Assurance of wear-resistance and fatigue strength of surfaces at electro-erosion processing // *Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering*. – 2017. – No.11 (77). – pp. 10-14.

Рецензент д.т.н. Д.И. Петрешин



Реклама Вашей продукции в нашем журнале – один из способов достижения Вашего успеха!

Журнал «Научноёмкие технологии в машиностроении» читают руководители и специалисты предприятий машиностроительного комплекса.

Публикация рекламного объявления в нашем журнале даст Вам возможность:

- найти партнеров, заинтересованных в современных исследованиях, а также внедрении Ваших идей и разработок в области машиностроения;
- установить контакты с организациями и фирмами России и стран ближнего и дальнего зарубежья;
- наладить обмен информацией.

Обращайтесь в редакцию! E-mail: naukatm@yandex.ru