

УДК 621.77.016:62178.061

DOI: 10.30987/1999-8775-2020-12-31-37

В.А. Логвин, Т.В. Карлова

МОНИТОРИНГ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПО ОБРАБОТКЕ ИНСТРУМЕНТОВ В ПЛАЗМОГЕНЕРАТОРЕ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА

Рассматриваются вопросы организации нейронной сети для выбора наиболее совершенной технологии управления разработанным технологическим процессом на основе постоянного мониторинга и оценки параметров качества этапов обработки инструментов в плазмогенераторе тлеющего разряда. Предложенный подход позволяет осуществлять выбор наиболее эффективных технологий управления на всех этапах быстротекущих

процессов обработки изделий с учётом их оптимизации. Разработана автоматизированная система мониторинга, учитывающая сложную структуру внутренних связей при обработке в тлеющем разряде.

Ключевые слова: качество, управление, плазмогенератор, тлеющий разряд, автоматизированная технологическая среда, мониторинг, нейронная сеть.

V.A. Logvin, T.V. Karlova

MONITORING OF AUTOMATED TECHNOLOGICAL ENVIRONMENT FOR TOOL WORKING IN PLASMA-GENERATOR OF GLOW DISCHARGE BASED ON NEURONET APPROACH

The work purpose is to increase effectiveness and quality of engineering process control of tool working in a plasma-generator of a glow discharge based on a neuronet approach.

Investigation methods: use of computer technologies based on an artificial neuronet system for the creation of control systems as an investigation method consisting in computer imitation of the process of plasma-generator operation at separate stages of processing. It will allow developing an optimum system for quality control and management of engineering processes performed for tool working in the plasma-generator of a glow discharge. The essence of the modeling method when using an artificial neuronet approach consists in the development of such algorithms and programs which imitate the behavior of the plasma-generator, its properties and characteristics in the composition essential for investigations, volume and field of technical parameter changes.

Investigation results: the operation sequence of the engineering process for product working in the plasma-generator of a glow discharge ensures the for-

mation of the specified structure and micro-hardness on the surface of products worked. A considerable impact upon working quality is made by the structure of technological gas environment and a rate of its pumping at constant pressure in a vacuum chamber for the formation of the essential flux of bombarding ions with the specified value of kinetic energy before a hit on a surface. During the development of working stage sequence there is taken into account a state and magnitude of the defected layer formed at the stages of previous working and ageing. The effectiveness of force impact is defined with the stability of current strength in the discharge and electrode voltage in the plasma-generator of a glow discharge. The fluctuations of current strength and voltage at discharge burning depends upon the stability of structure, pressure and a pumping rate of technological gas environment through a working volume of the plasma-generator.

Key words: quality, control, plasma-generator, glow discharge, automated technological environment, monitoring, neuronet.

Введение

Важнейшей задачей машиностроения является обеспечение необходимой надежности выпускаемых изделий в течение заданного жизненного цикла. Решение поставленной задачи невозможно без соответствующей степени приближения точности размеров, формы и взаимного рас-

положения поверхностей деталей, входящих в изделие заданному чертежом эталону. При этом необходимо формирование соответствующих физико-механических свойств поверхностных слоёв материала рабочих поверхностей деталей. Для обеспечения высокой конкурентоспособности

при равных качественных параметрах выпускаемых изделий себестоимость становится преобладающим критерием. На стратегическое направление развития предприятий оказывает существенное влияние выбор технологий, обеспечивающих высокий уровень качества изготовления изделий. Предпочтение следует отдавать технологиям с эффективным мониторингом на протяжении всего производственного процесса. Основными внешними факторами, влияющими на производственный процесс, являются условия спроса и перспективы предложения товарной продукции на всех видах рынков. Формирование условий по обеспечению импортозамещения при гарантии соответствующей надежности изделий становится злободневной проблемой машиностроения.

Использование самообучающихся систем с развивающейся базой данных для мониторинга всех этапов обработки инструментов в плазмодгенераторе тлеющего разряда базируется на анализе и оценке качества функционирования реального объекта. Система управления эффективностью и качеством реализации технологических процессов подразумевает значительно более высокие скорости обработки данных мониторинга с аналитическим экспериментированием особенно быстропротекающих процессов. Использование компьютерного моделирования при высокой степени параллельного, внешнего сбора информационных потоков и проведение исследований с его помощью позволяет проанализировать условия протекания процессов при обработке и выполнить оптимизацию как при выборе последовательности этапов, так и по продолжительности переменного силового воздействия в плазмодгенераторе тлеющего разряда. Моделирование системы управления как абстрактного образа реального объекта на основе нейросетевого подхода, более удобно для проведения исследований, что позволяет адекватно отображать интересующие исследователя физические свойства и характеристики исследуемого объекта.

Построение моделей в сфере управления различными системами обеспечива-

ет повышение качества принимаемых решений при использовании самообучающихся систем с развивающейся базой данных. Мониторинг при высокой степени параллельного, внешнего сбора информационных потоков позволяет повысить эффективность реализуемых решений на основе полученной информации. Моделирование сокращает время оценки предполагаемых вариантов решений и на формирование новых возможных перспективных предложений. Перспективность использования нейросетевого подхода при моделировании возрастает с повышением быстродействия и оперативной памяти компьютерных систем, с совершенствованием математического обеспечения и банков данных.

При создании автоматизированной системы управления реальным объектом невозможно реализовать процесс моделирования без эффективного мониторинга. В данной работе объектом исследования являются возможности нейронно-сетевого подхода для конструирования этапов обработки инструментов в плазмодгенераторе тлеющего разряда с формированием их последовательности и продолжительности.

Формирование заданной структуры и свойств поверхностных слоев материалов рабочих поверхностей деталей ужесточает требования к используемым технологиям. Это способствует развитию ионно-плазменных видов обработки, которые являются в этом плане более эффективными и экономичными [1, 2]. Разработка новых технологий с непрерывным мониторингом при формировании в поверхностном слое материалов рабочих поверхностей деталей необходимых физико-механических свойств, адаптированных для использования в автоматизированной технологической среде, становится всё более актуальной проблемой современного производства [3, 4]. Поэтому целью данной работы является повышение эффективности и качества управления технологическими процессами обработки инструментов в плазмодгенераторе тлеющего разряда на основе нейросетевого подхода.

Задачей настоящей работы является

разработка оптимальной последовательности этапов обработки изделий в плазмогенераторе тлеющего разряда в зависимости от их материала, видов предварительной обработки, геометрической формы с эффективной системой мониторинга за быст-

Методика исследования

Использование компьютерных технологий, основанных на искусственной нейросетевой системе для создания систем контроля как метода исследования, заключающегося в компьютерной имитации процесса функционирования плазмогенератора на отдельных этапах обработки. Это позволит разработать оптимальную систему контроля и управления качеством реализуемых технологических процессов обработки инструментов в плазмогенераторе тлеющего разряда. Сущность метода моделирования при использовании искусственного нейронно-сетевого подхода заключается в разработке таких алгоритмов и программ, которые имитируют поведение плазмогенератора, его свойства и характеристики в необходимом для исследования составе, объеме и области изменения технологических параметров.

Возможности метода уникальны, так как он позволяет в зависимости от необходимости исследовать системы любой сложности по количеству внутренних, внешних связей и назначения с неограниченной глубиной детализации. В качестве ограничителей выступает мощность используемых компьютерных систем и трудоемкость подготовки сложного комплекса программ.

Имитация на модели при использовании искусственной нейросетевой системы позволяет проводить исследование, равнозначное эксперименту на реальном объекте. При этом способность системы к самообучению за счет наращивания внешних баз данных при многократных испытаниях модели, во многом определяются возможностями используемой компьютерной системы, а также свойствами самой модели.

Внедрение автоматизированной системы контроля и управления качеством

ропротекающими процессами, обеспечивающей формирование необходимых свойств на рабочих поверхностях упрочняемых инструментов, адаптированных для условий автоматизированной технологической среды.

для исследования этапов обработки в плазмогенераторе тлеющего разряда оправдано так, как возможности методов исследования этой системы с помощью аналитических моделей ограничены, а полномасштабные натурные эксперименты требуют значительных материальных, временных и энергетических ресурсов.

Создание аналитической модели для исследования этапов обработки в плазмогенераторе тлеющего разряда не всегда возможно, поэтому использование нейросетевого подхода является наиболее предпочтительным. Большинство задач, решаются с помощью автоматизированных систем управления, которые с успехом можно использовать и для выполнения исследований. Это повышает интерес к системам контроля и управления обеспечивающих постоянный мониторинг за ходом технологических процессов, а расширение круга задач, реализуемых с их помощью переводит их в область уникальных средств по использованию.

В алгоритме модели предусматривают условия определения моментов времени, соответствующих критичным состояниям технологического процесса в плазмогенераторе по давлению, химическому составу технологической газовой среды, по интенсивности свечения в прикатодной области, напряжению и силе тока в разряде в эти моменты. В зависимости от принимаемого закона распределения вероятностей для начальных условий примем одно из возможных состояний и по установленным закономерностям изменений технологических параметров процесса определим их величины перед первым особым состоянием. Аналогично перейдем ко всем последующим особым состояниям. Имея первую возможную реализацию случайного многомерного процесса, с использова-

нием аналогичных процедур построим другие реализации. В результате выполненных процедур обеспечивается реализация необходимых параметров качества по упрочнению рабочих поверхностей изделий, заключающихся в формировании мелкодисперсной структуры поверхностного слоя, клубковой дислокационной структуры на заданную глубину, повышение до двух раз микротвёрдости на упрочняемой поверхности, химически инертной плёнки на поверхности, сращивание основы и напыляемого слоя [4].

Элементы моделирующей системы отвечающие за соответствующие блоки описываются набором количественных и логических характеристик. В зависимости

Результаты исследований и их обсуждение

Определённая последовательность операций технологического процесса обработки изделий в плазмогенераторе тлеющего разряда обеспечивает формирование заданной структуры и микротвёрдости на поверхности обрабатываемых изделий. После поступления изделий для обработки в плазмогенераторе они подвергаются предварительной очистке от грубых загрязнений в виде пыли, слоёв смазки, а также следов коррозии. При необходимости для залечивания микродефектов рабочие поверхности деталей подвергают нанесению различного вида покрытий. Изделия в плазмогенераторе тлеющего разряда располагают на катоде в вакуумной камере под основанием концентратора плазмы в виде усечённой пирамиды из диэлектрического материала. Вакуумная камера герметизируется и проводится вакуумирование с последующим напуском заданной технологической газовой среды, формирующей условия для поджига и горения тлеющего разряда в плазмогенераторе. Тонкая очистка упрочняемых поверхностей изделий от остатков микрослоёв из молекул воды, жировых отложений, а также оксидов осуществляется в результате механического, химического и теплового действия технологической газовой среды при ионной бомбардировке. Продолжительность этапа тонкой очистки зависит от степени загряз-

от продолжительности жизни различают условно-постоянные и временные компоненты. Условно-постоянные компоненты существуют в течение всего периода реализации модельного эксперимента, а временные – появляются и исчезают в ходе эксперимента [5-10].

При моделировании различного рода производственных и организационных систем управления исследование на модели заключается в проведении стохастических экспериментов. Реализуя возможности моделируемых объектов, такие модели включают случайные переменные, описывающие как функционирование самих систем, так и воздействия внешней среды.

нений рабочих поверхностей изделий, глубины дефектного слоя и видов предварительной обработки. Основная обработка заключается в воздействии сформированного потока ионов на рабочие поверхности упрочняемых изделий при формировании заданной дефектной структуры на необходимую глубину. Существенное влияние на качество обработки оказывает состав технологической газовой среды и скорость её прокачки при постоянстве давления в вакуумной камере для формирования необходимого потока бомбардирующих ионов с заданной величиной кинетической энергии перед ударом о поверхность. При разработке последовательности этапов обработки учитывается состояние и величина дефектного слоя, сформированного на этапах предшествующих обработок и старения. Особенностью этого слоя является повышенная плотность дислокаций по глубине и наличие микротрещин не только внутри зёрен, но и между ними. Эффективность силового воздействия, определяется стабильностью силы тока в разряде и напряжения на электродах в плазмогенераторе тлеющего разряда. Колебание силы тока и напряжения при горении разряда зависит от стабильности состава, давления и скорости прокачки технологической газовой среды через рабочий объём плазмогенератора. Этап охлаждения обрабаты-

емых изделий связанных с выходом изделий на комнатную температуру при определённом составе окружающей технологической газовой среды в вакуумной камере способствует формированию непосредственно на поверхности химических соединений, препятствующих окислению поверхностных слоёв материала при контакте с окружающим воздухом при его напуске в вакуумную камеру, отличающимся по составу от технологической среды. Сложность и многоуровневость внутренних связей, влияющих на стабильную работу плазмодгенератора тлеющего разряда, оптимизировались при использовании разработанной автоматизированной системы мониторинга. В данной системе контроль и управление построены на нейронно-сетевом подходе, которые имитируют поведение системы на всех этапах обработки. Результаты мониторинга отображаются в режиме реального времени в виде контролируемых параметров процесса обработки на экране электронного блока управления. Данный блок позволяет осуществлять оперативное управление разработанным технологическим процессом как в ручном, так и в автоматизированном режиме. Это позволяет не только мониторить

Заключение

Исследования на математических моделях успешно реализуются при использовании разнообразного математического аппарата, а на имитационных моделях проводят эксперименты схожие с экспериментами на реальном объекте. Для установления взаимного влияния между технологическими параметрами необходимы значительные исследования модели, что зависит от возможностей компьютерных систем и свойств модели. Имитация на модели при использовании искусственной нейросетевой системы позволяет проводить исследование, равнозначное эксперименту на реальном объекте. При этом способность системы к самообучению за счет наращивания внешних баз данных при многократных испытаниях модели, во многом определяются возможностями ис-

ход выполнения технологического процесса, но и получать необходимую информацию для анализа исходя из пределов изменения входных параметров процесса.

Таким образом использование возможностей нейронно- сетевого подхода при разработке и использовании системы мониторинга и управления за эффективностью и качеством реализуемых технологических процессов при работе плазмодгенератора позволяет обеспечивать воспроизводимость необходимых результатов при обработке изделий. Особенно эффективна данная система на этапе отработки и апробации новых технологических приёмов при обработке изделий, имеющих сложную геометрическую форму и размеры рабочих поверхностей, разнородность в структуре и химическом составе материала отдельных элементов. Для реализации этого этапа, связанного с проведением исследований и анализа, используется ручной режим управления, на котором выполняется отработка технологических параметров процесса обработки и составление алгоритма для реализации работы системы мониторинга и управления в автоматизированном режиме.

пользуемой компьютерной системы, а также свойствами самой модели.

Использование автоматизированной системы мониторинга и управления качеством на всех этапах обработки инструментов в плазмодгенераторе тлеющего разряда расширяют возможности методов исследования. Изучение возможностей этой системы на основе аналитических моделей ограничены, а проведение полномасштабных экспериментов на натуральных образцах подразумевает существенные материальные, временные и энергетические затраты.

Разработка аналитической модели для изучения порядка построения этапов обработки инструментов в плазмодгенераторе тлеющего разряда не оправданно сложна и затратна, поэтому использование возможностей нейросетевого подхода при разработке системы мониторинга и управ-

ления за эффективностью и качеством реализуемых технологических процессов при работе плазмогенератора позволяет обеспечивать воспроизводимость необходимых результатов при обработке изделий. В данной системе контроль и управление построены на нейросетевом подходе, которые имитируют поведение системы на всех этапах обработки. Результаты мониторин-

га отображаются в режиме реального времени в виде контролируемых параметров процесса обработки на экране электронного блока управления. Возросший интерес к системам мониторинга за реальными технологическими процессами и расширение области задач, решаемых с их помощью превращает их в универсальные средства для применения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Логвин, В.А. Использование тлеющего разряда для изменения дислокационной структуры быстрорежущей стали / В.А. Логвин, И.В. Терешко, С.А. Шептунов // Научно-технические технологии в машиностроении. - М.: Инновационное машиностроение. - 2018. - № 12. - С. 21-27.
2. Логвин, В.А. Формирование спектра энергетического воздействия плазмы тлеющего разряда в автоматизированной технологической среде / В.А. Логвин // «Перспективные направления развития технологий машиностроения и металлообработки»: тезисы докл. 34-ой Междунауч.-техн. конф. (Минск, 28 марта 2019) / В.К. Шелег (отв. ред.) [и др.]. - Минск: Бизнесофсет, 2019. - С. 115-116.
3. Шептунов, С.А. Возможности и условия использования тлеющего разряда для создания автоматизированной технологической среды по упрочнению инструментов / С. А. Шептунов, В. А. Логвин // Вестник Кабардино-Балкарского университета. - 2015. - Т. V. - № 5. - С. 5-11.
4. Логвин, В.А. Изменение дислокационной структуры металлов после воздействия тлеющего разряда / В.А. Логвин, И.В. Терешко, С.А. Шептунов // Металлообработка. АО «Издательство «Политехника». - Санкт-Петербург. - 2018. - № 6. - С. 45-51.
5. Карлова, Т.В. Системные принципы объекта управления: социологический анализ: монография / Т.В. Карлова. - Москва. - Янус-К, 2004. - 220 с.
6. Соломенцев, Ю.М. Моделирование производственных систем в машиностроении / Ю.М. Соломенцев, В.В. Павлов. - Москва. - Янус-К, 2010. - 227 с.
7. Карлова, Т.В. Классификация компьютерных атак на автоматизированные системы промышленных предприятий / Т.В. Карлова, Н.М. Кузнецова, А.Ю. Бекмешов // Периодический научно-практический журнал «Качество. Инновации. Образование» - №4 (162) июль август, 2019. - М.: Известия УД ПРФ, 2019. - С. 54 - 59. - ISSN: 1999-513X. - DOI: 10.31145/1999-513x-2019-4-54-59.
8. Карлова, Т.В. Основные принципы защиты автоматизированных систем крупных промышленных предприятий от комплексных кибератак / Т.В. Карлова, Н.М. Кузнецова // Вестник Брянского государственного технического университета. - 2017. - № 4 (57). - С. 84-89. - DOI: 10.12737/issue_5a02f9f7150658.06648590.
9. Karlova, T.V., Sheptunov S.A., Kuznetsova N.M. Automation of Data Defence Processes in the Corporation Information Systems / T.V. Karlova, S.A. Sheptunov, N.M. Kuznetsova // Proceedings of the 2017 International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies" (IT&QM&IS) September, 24-30, 2017 - Proceedings Edited by S. Shaposhnikov 2017 St. Petersburg, Russia: Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", - с. 199-202. - ISBN 978-1-5386-0703-9.
10. Карлова, Т.В. Модель межуровневого взаимодействия в управлении робототехническими производствами / Т.В. Карлова, А.Ю. Бекмешов, С.А. Шептунов: науч.-практ. конф. «Роботические технологии в медицине», журнал «Качество. Инновации. Образование». - М.: Известия УД ПРФ, 2016. - с. 171 - 176. - ISSN 1999-513X.

- Petersburg. – 2018. – No.6. – pp. 45-51.
5. Karlova, T.V. *System Principles of Object Control: sociological analysis: mograph* / T.V. Karlova. – Moscow. – Janus-K, 2004. – pp. 220.
 6. Solomentsev, Yu.M. *Modeling of Production Systems in Mechanical Engineering* / Yu.M. Solomentsev, V.V. Pavlov. – Moscow. – Janus-K, 2010. – pp. 227.
 7. Karlova, T.V. *Classification of Cyber-attacks on Automated Systems of Industrial Enterprises* / T.V. Karlova, N.M. Kuznetsova, A.Yu. Bekmeshov // “Quality. Innovations. Education” Periodical Scientific-Practical Journal – No.4 (162) July, August, 2019. – M.: Proceedings of UD PRF, 2019. – pp. 54-59. - ISSN: 1999-513X. - DOI: 10.31145/1999-513x-2019-4-54-59.
 8. Karlova, T.V. Basic principles in protection of automated systems of large industrial enterprises against complex cyber-attacks / T.V. Karlova, N.M. Kuznetsova // *Bulletin of Bryansk State Technical University*. – 2017. – No.4 (57). – pp. 84-89. - DOI: 10.12737/issue_5a02f9f7150658.06648590.
 9. Karlova, T.V., Sheptunov S.A., Kuznetsova N.M. Automation of Data Defence Processes in the Corporation Information Systems / T.V. Karlova, S.A. Sheptunov, N.M. Kuznetsova // Proceedings of the 2017 International Conference “Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies” (IT&QM&IS) September, 24-30, 2017 – Proceedings Edited by S. Shaposhnikov 2017 St. Petersburg, Russia: Saint Petersburg Electrotechnical University “LETI”, - с. 199-202. - ISBN 978-1-5386-0703-9.
 10. Karlova, T.V. Model of inter-level interaction in robotic production control / T.V. Karlova, A.Yu. Bekmeshov, S.A. Sheptunov: *Scientific-Pract. Conf. “Robotic Technologies in Medicine”, “Quality. Innovations. Education.”* Journal. – M.: Proceedings of UD PRF, 2016. – pp. 171-176. - ISSN 1999-513X.

Ссылка цитирования:

Логвин, В.А. Мониторинг автоматизированной технологической среды по обработке инструментов в плазмодгенераторе тлеющего разряда на основе нейросетевого подхода / В.А. Логвин, Т.В. Карлова // *Вестник Брянского государственного технического университета*. – 2020. - № 12. – С. 31-37. DOI: 10.30987/1999-8775-2020-12-31-37.

Статья поступила в редакцию 4.08.20.

Рецензент: к.т. н., доцент Брянского государственного технического университета
Рытов М.Ю.,

член редсовета журнала «Вестник БГТУ».

Статья принята к публикации 30.11.20.

Сведения об авторах:

Логвин Владимир Александрович, к.т.н., доцент кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» «Белорусско-Российский университет», тел. +375-295-41-77-0, e-mail: logvinvladim@yandex.ru.

Logvin Vladimir Alexandrovich, Can. Sc. Tech., Assistant Prof. of the Dep. “Machine-tools and Tools”, “Belorussian-Russian University”, phone: +375 295 41 77 0, e-mail: logvinvladim@yandex.ru.

Карлова Татьяна Владимировна, д. соц. н., профессор, вед. науч. сотрудник Института конструкторско-технологической информатики РАН, тел. +7-903-776-90-78, e-mail: karlova-t@yandex.ru.

Karlova Tatiana Vladimirovna, Dr. Sc. Sociol., Prof., Leading scientific assistant, Institute of Design-Technological Informatics of RAS, phone: +7 903 776 90 78, e-mail: karlova-t@yandex.ru.