

КРАВЧЕНКО ИГОРЬ НИКОЛАЕВИЧ, докт. техн. наук, профессор¹

E-mail: kravchenko-in71@yandex.ru

ГЛИНСКИЙ МАКСИМ АЛЕКСАНДРОВИЧ, аспирант¹

E-mail: maximagl@yandex.ru

ШАМАРИН ЮРИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ, канд. техн. наук, доцент²

E-mail: shamarina@mgul.ac.ru

ЧЕХА ТАТЬЯНА АЛЕКСАНДРОВНА, инженер¹

E-mail: zubik280270@mail.ru

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, ул. Тимирязевская, 49, Москва, Российская Федерация

² Мытищинский филиал Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана; 141005, ул. 1-я Институтская, 1, Московская область, г. Мытищи, Российская Федерация

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Предложена единая универсальная специализированная база данных по материалам, покрытиям и технологическим процессам с целью возможного использования современных автоматизированных способов интеллектуальной обработки информации и поиска аналитических зависимостей, а также информационно-аналитическая система расчетов для проектирования и разработки технологических процессов нанесения плазменных покрытий. Разработанная интеллектуальная система автоматизированного проектирования (САЕ-система) представляет собой продукционный и информационный массив знаний, обеспечивающий структурирование хранящихся в ней данных в виде единого графа по специальным программам. Благодаря специальному структурированию данных САЕ-система позволяет осуществлять дальнейшую их кластеризацию на основе сетей Кохонена и поиск аналитических зависимостей с применением различных инструментов Data Mining, алгоритмов и символьной регрессии, используя при этом отдельно подключаемые расчетные модули прикладных программ, созданные на основе математических моделей. Описано моделирование процесса плазменного нанесения покрытий, получены эмпирические зависимости свойств покрытия (плотность, коэффициент использования материала, прочность сцепления покрытия с подложкой) от основных параметров процесса (сила тока, расход, состав плазмообразующего газа). Применение интеллектуальной системы автоматизированного проектирования позволит значительно снизить затраты на разработку технологий (технологических процессов и средств их оснащения) напыления деталей с покрытиями, улучшить их качество, а также повысить производительность труда конструкторов и технологов. Реализуемый программный комплекс позволит эффективно проводить вычислительные эксперименты для комплексного исследования и прогнозирования получаемых покрытий различного функционального назначения, обладающих повышенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами.

Ключевые слова: восстановление и упрочнение деталей, газотермические процессы, интеллектуальная система автоматизированного проектирования (САЕ-система), многофункциональные покрытия, плазменные технологии, программное обеспечение, специализированная база данных, технологии двойного назначения.

Введение. Восстановление работоспособности изношенных деталей машин и технологического оборудования является одной из важнейших отраслей сельскохозяйственного машиностроения. Упрочняющие покрытия способны уменьшить износ и продлить срок службы деталей.

В настоящее время применяются практически все методы (химические, гальванические и физи-

ческие) и способы (вакуумные, ионно-плазменные, импульсные, осаждение из газовой фазы, наплавка, электродуговая металлизация, газопламенное, детонационное и плазменное напыление) для получения защитных покрытий (рис. 1).

Применение газотермических методов нанесения защитных покрытий является одним из кардинальных путей решения проблемы восстановления

и упрочнения деталей, позволяющих значительно снизить или исключить влияние на изнашивание эрозии, высокотемпературной коррозии, кавитации и других факторов износа, а также придать поверхностному слою изделия специальные эксплуатационные свойства [1].

В последнее десятилетие произошло скачкообразное развитие техники и технологий газотермических методов нанесения защитных и функциональных покрытий [2-4]. Так, интенсивно модифицировались методы высокоскоростного HVOF-напыления; они представлены рядом высокотехнологичного оборудования, которое все больше вытесняет оборудование для плазменного напыления. К основным технологическим процессам газотермических методов, которые сегодня используются в мировой практике, относятся: плазменное напыление на воздухе с использованием плазмообразующих газов (аргон, азот, гелий, воздух); детонационное и газопламенное напыление; электродуговая металлизация; высокоскоростное HVOF-напыление [5].

Объем российского рынка составляет порядка 30% рынка напыления Европы и 25% рынка напы-

ления США. При сравнении внедрения промышленных покрытий в России и за рубежом становится очевидным серьезное отставание отечественной промышленности.

Анализ опыта внедрения техники и технологий газотермических методов нанесения покрытий в производство показывает, что получение таких результатов объясняется низким качеством и несовершенством технологического оборудования и средств контроля процессов нанесения покрытий; отсутствием подхода, определяющего обоснованность выбранной технологической схемы; отсутствием критериев, позволяющих оценить применимость методов напыления для решения той или иной задачи.

На сегодняшний день решены многие проблемы технологий изготовления и ремонта изнашиваемых деталей машиностроения, автомобильной и сельскохозяйственной техники, легкой промышленности, оборудования городского и жилищно-коммунального хозяйства, агрегатов, используемых в нефтехимии, производстве минеральных удобрений, энергетике, сверхнагруженных деталях оборудования и т.д. (рис. 2).

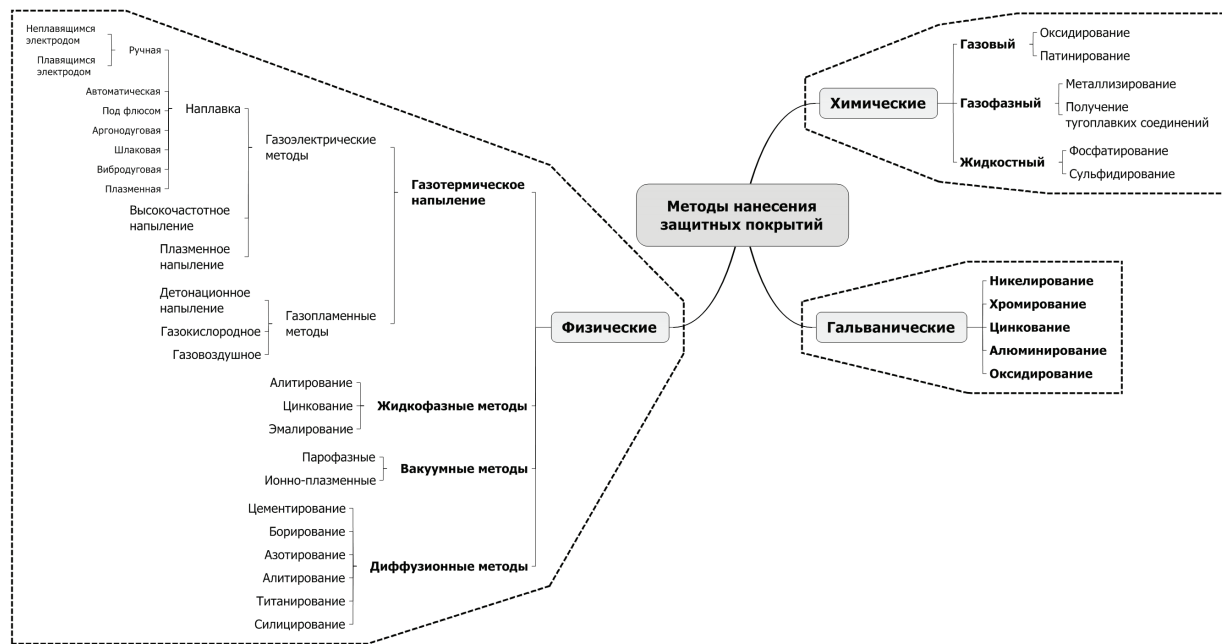


Рис. 1. Методы нанесения защитных покрытий

Для создания эффективного производства покрытий необходимо систематизировать информацию и обеспечить научнообоснованный подход при разработке, освоении и реализации многофункциональных покрытий в промышленности, выборе тех или иных технологий, оборудования и материалов [6].

В условиях разнообразия методов нанесения покрытий, возникают трудности с обоснованным выбором того или иного вида и способа нанесе-

ния покрытия в зависимости от эксплуатационных требований к детали с покрытием, а также с учетом эффективности процесса. Сложность выбора метода напыления состоит также и в том, что необходимо учесть и увязать целый ряд факторов: конструктивные; технологические; производственные; эксплуатационные; экономические показатели. Поэтому неременным условием выбора рационального варианта является комплексный подход.



Рис. 2. Основные отрасли применения газотермических покрытий

Цель исследований – научная разработка обобщенных моделей и критериев для выбора и оценки применения конкретного метода нанесения газотермического покрытия.

Материал и методы. Проектирование технологического процесса является большой проблемой, связанной со сложностью математического моделирования, стабильностью процесса напыления, требующего большого количества испытаний [7-8]. Подобные задачи решаются с использованием методов многофакторной оптимизации, так как выполнение большинства условий вступает в противоречие друг с другом. Для этого возникла необходимость разработки CAE-системы (CAE – Computer-aided engineering, система автоматизированной инженерной разработки и конструирования) проектирования покрытий различного функционального назначения и технологических процессов их нанесения (рис. 3).

Результаты и обсуждение. Разрабатываемая CAE-система представляет собой автоматизированную систему, позволяющую на основе технического задания осуществлять выбор материала, структуры покрытий и рационального метода их нанесения, а также разработку технологического процесса упрочнения и/или восстановления [9]. При этом основой CAE-системы являются связанные в единый комплекс базы знаний и данных, аналитическая подсистема и программный модуль, используемый для реализации конкретного технологического процесса. На рисунке 4 представлена укрупненная методика проектирования технологических процессов упрочнения и восстановления сложных деталей с использованием предложенной CAE-системы.

База знаний представляет собой систематизированное хранилище, объединяющее все виды информации, необходимой для принятия обоснованных и оптимальных решений в ходе разработки техно-

логического процесса упрочнения и/или восстановления. Поиск релевантной информации в базе знаний оптимизирован исходя из типичных сценариев работы технолога.

Для автоматизации процесса выбора материала покрытия требуется построить *базу данных* по свойствам материалов для нанесения покрытий, которая должна включать в себя все формализованные данные, используемые инженером-технологом: физические, химические и механические характеристики материалов и свойства газотермических покрытий, полученные в процессе проведения экспериментальных исследований; технологические режимы и условия, при которых были (или должны быть) получены газотермические покрытия; информацию об условиях, в которых приведенные выше характеристики исходных материалов и покрытий сохраняют свою применимость.

Под экспериментальными данными, заносимыми в базу данных, подразумеваются данные по свойствам материалов, сплавов, порошков, волокон и покрытий. Так как подобные данные систематизируются на разных предприятиях и различном оборудовании, то имеет смысл уделить внимание не только конкретным числовым значениям количественных свойств или текстовым значениям качественных свойств, но и тем условиям, в которых они были получены.

Как правило, в текстовых источниках приводятся данные без указания оборудования, точности измерений, условий испытаний. Это приводит к тому, что технологу приходится судить о свойствах материала, опираясь на ощущения и интуицию. В конечном итоге качественный выбор материала становится проблемой, требующей привлечения экспертов, опыт и интуиция которых далеко не всегда согласуются с новыми методиками и данными.

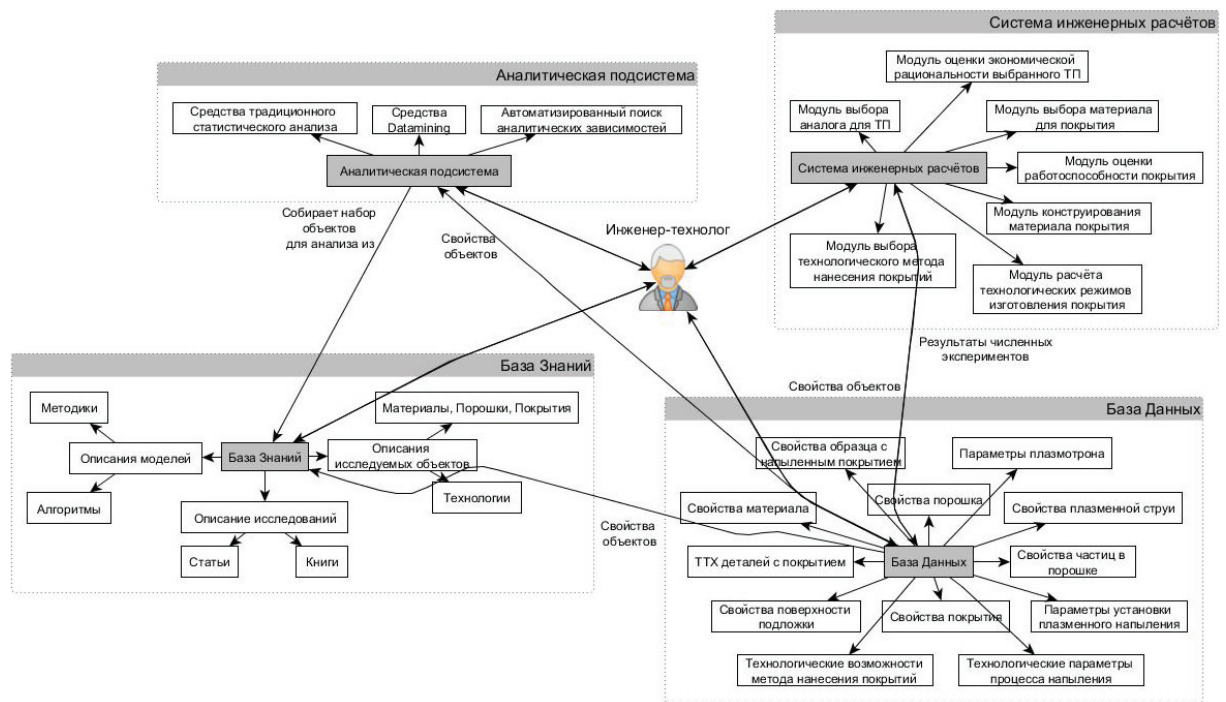


Рис. 3. Структура автоматизированной системы разработки, конструирования и проектирования покрытий и технологических процессов их нанесения

Для решения описанных выше проблем возникает необходимость в разработке программного и методического обеспечения, позволяющего вводить, хранить и искать данные по экспериментам.

Структура и другие параметры базы данных обоснованы теми потребителями, которые будут ее использовать в качестве источника данных.

В случае разработки технологического процесса плазменного напыления такими «потребителями данных» являются расчетные программные модули [7, 10, 11]. Кроме того, «потребителями данных» также являются (или будут являться) сотрудники, осуществляющие ввод данных (технологи, работники испытательной лаборатории и др.), а также автоматизированное измерительное оборудование для нанесения покрытий.

Требования к базе данных, обусловленные расчетными программами. Расчетные программы могут запрашивать у базы данных значения свойств конкретного материала в определенных условиях. Этот тип запроса будем называть точечным. Кроме того, возможен вариант, когда требуется получить зависимость, например, твердости от наименования материала или твердости от доли какого-то компонента. Первый вариант можно представить в виде линейной шкалы материалов, а второй – это уже плоскость значений.

Если рассмотреть задачи выбора оптимального материала покрытия, то так или иначе они сводятся к тому или иному виду задачи математического программирования, т.е. минимизации целевой функции в пространстве свойств материала. Если

не рассматривать возможность создания новых материалов, то эта задача на дискретном пространстве, в противном случае – на непрерывном пространстве возникает задача интерполяции и экстраполяции.

Если же абстрагироваться от названия свойств, то получим классификацию необходимых запросов к базе данных по типу результата (рис. 5).

В случае использования этих баз данных людьми виды результатов останутся теми же, что и в случае с расчетными программами, но при этом дополнительно добавятся требования к форме представления результатов, так как необходимо максимально упростить восприятие информации, сделав его наглядным и доходчивым. С технической точки зрения это означает, что целесообразно рассматривать современные средства визуализации и анализа данных, а также и те требования к структуре базы данных, что они предъявляют.

Аналитическая подсистема представляет собой связанный воедино и интегрированный с базой данных набор инструментов и методов, использующихся для поиска взаимосвязей в больших массивах данных. Они широко применяются в современных компаниях для обработки отчетности и прогнозирования, получившие название Data mining [9]. Однако определенный интерес представляют методы эвристического анализа базы данных и определения потенциально интересных направлений исследований при разработке новых покрытий и путей повышения эффективности технологических процессов их нанесения.

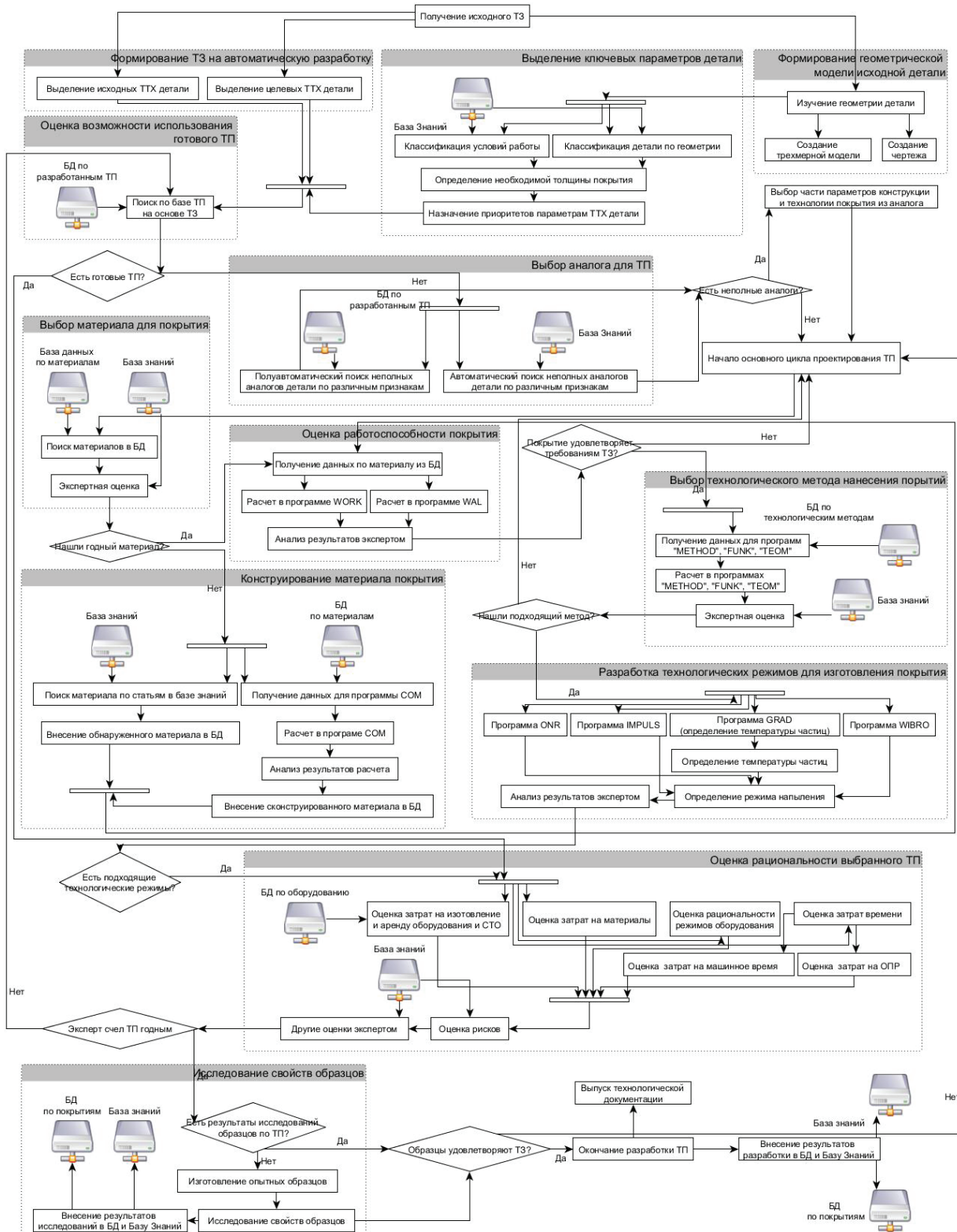


Рис. 4. Укрупненная инженерная методика



Рис. 5. Необходимые виды запросов к базе данных

В аналитическую подсистему входит модуль автоматизированного поиска и выделения аналитических зависимостей между массивами данных. Таким образом, благодаря аналитической подсистеме реализована исследовательская функция представленной САЕ-системы.

Программный модуль используется технологом для расчетов, необходимых при разработке и реализации конкретного технологического процесса. Программный модуль состоит из нескольких блоков, каждый из которых выполняет определенный, логически заверченный набор функций.

Элементом программного модуля, представляющим наибольшую научную сложность, является блок расчета технологических режимов плазменного нанесения покрытий.

Основными технологическими режимами, определяющими свойства покрытий, являются величина тока дуги плазматрона, расход и состав плазмообразующего газа. Построение математической модели, устанавливающей связь этих режимов с температурой и скоростью напыляемых частиц, является важным этапом управления свойствами покрытий (рис. 6).

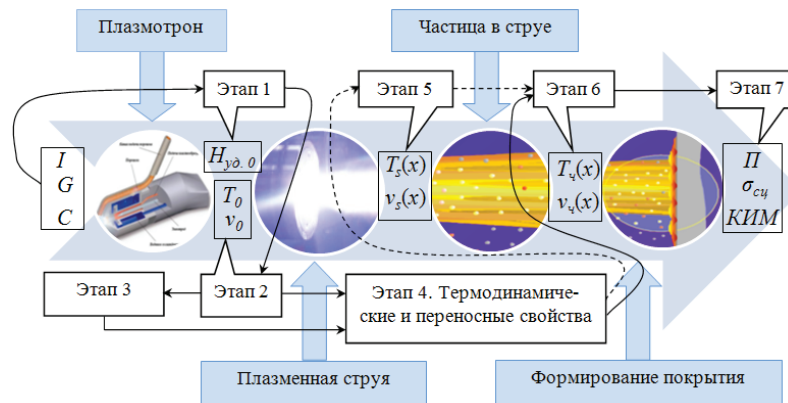


Рис. 6. Этапы моделирования процесса плазменного нанесения покрытий

Прохождение этапов моделирования осуществляется в следующей последовательности:

1. По заданным значениям I , расхода G и состава C плазмообразующего газа определяем удельную энтальпию газа $H_{уд,0}$ на срезе сопла плазматрона.
2. Вычисляем температуру T_0 и скорость v_0 струи на срезе сопла плазматрона.
3. Рассчитываем температуру $T_s(x)$ и скорость $v_s(x)$ струи на различных расстояниях от среза сопла плазматрона.
4. Плазменную струю разбиваем на отрезки, в пределах которых температуру и скорость принимаем постоянными, и для каждого отрезка вычисляем свойства плазмообразующего газа.

маем постоянными, и для каждого отрезка вычисляем свойства плазмообразующего газа.

5. Определяем скорость $v_v(x)$ напыляемых частиц на различных расстояниях от среза сопла плазматрона.
6. Рассчитываем температуру $T_v(x)$ частиц на различных расстояниях от среза сопла плазматрона.
7. Находим зависимость пористости покрытия P , коэффициента использования материала $КИМ$ и прочности сцепления $\sigma_{сц}$ от температуры и скорости частиц.

Таким образом, на выходе получаем эмпирические зависимости свойств покрытия (P , KIM , $\sigma_{сц}$) от основных параметров процесса (I , G , C).

При моделировании были сделаны следующие допущения:

- частицы не влияют на свойства плазменной струи (порошки не влияют на температуру, энтропию и скорость струи);
- не учитываются взаимодействия между частицами;
- плазма вокруг частиц находится в термодинамическом равновесии.

Второе допущение объясняется тем, что расход порошка незначительный, и по сравнению с энергией струи энергией, полученной частицами, можно пренебречь. В действительности при производительности процесса до 5 кг/ч материал не оказывает значительного влияния на параметры струи.

Другой ответственной, наукоемкой и достаточно сложной задачей, требующей решения, является выбор оптимального материала покрытия. В настоящее время промышленностью разработано большое количество разнообразных материалов для нанесения покрытий и из этого количества технологически необходимо выбрать наиболее оптимальный материал для конкретной реализации.

Технология газотермического напыления позволяет создавать покрытия с различными эксплуатационными характеристиками. При этом выбор материала покрытия оптимального состава вызывает определенные трудности, поскольку напыление слоев с заданными физико-механическими свойствами зависит от многих факторов: состава материала покрытия и подложки (или оправки), характера взаимодействия легирующих и армирующих элементов, режимов напыления покрытия и др.

Программный модуль, используя базы данных, позволяет провести эвристический анализ и выбор нескольких наиболее оптимальных вариантов, после чего технолог на основании своего опыта и использования базы данных осуществляет окончательный выбор рационального варианта.

Выводы

1. Применение предложенной интеллектуальной системы автоматизированного проектирования позволяет значительно снизить затраты на разработку технологий (технологических процессов и средств их оснащения) напыления деталей с покрытиями, улучшить их качество, а также повысить производительность труда конструкторов и технологов.

2. Благодаря взаимной интеграции программных модулей, базы данных и базы знаний разработанная САЕ-система является важным технологическим инструментом, выводящим процесс

разработки технологий получения многофункциональных покрытий с использованием плазменного метода на качественно новый уровень, отвечающий передовым мировым стандартам. Реализуемый при этом программный комплекс позволяет эффективно проводить вычислительные эксперименты для комплексного исследования и прогнозирования получаемых покрытий различного функционального назначения, обладающих повышенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами.

Библиографический список

1. Кравченко И.Н. Технологические процессы в техническом сервисе машин и оборудования / И.Н. Кравченко, А.Ф. Пузряков, В.М. Корнеев [и др.]. М.: ИНФРА-М, 2017. 346 с.
2. Балдаев Л.Х. Газотермическое напыление порошковых материалов для получения защитных покрытий с заданными свойствами: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.16.01, 05.02.10 / Балдаев Лев Христофорович. Курск, 2009. 317 с.
3. Пузряков А.Ф. Перспективные направления исследований газотермических технологий нанесения покрытий // Сварочное производство. 2010. № 7. С. 18-22.
4. Балдаев Л.Х. Газотермическое напыление / Л.Х. Балдаев, В.Н. Борисов, В.А. Вахалин [и др.]. 2-е изд. М.: Старая Басманная, 2015. 539 с.
5. Кравченко И.Н., Карелина М.Ю., Зубрилина Е.М., Коломейченко А.А. Ресурсосберегающие технологии получения функциональных наноструктурированных покрытий высокоскоростными методами нанесения // Вестник Донского государственного технического университета. 2015. Т. 15. № 3 (82). С. 19-27.
6. Пузряков А.Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. 360 с.
7. Пузряков А.Ф., Кочаров Г.Р. Интеллектуальная система автоматизированного проектирования покрытий различного функционального назначения // Труды 2-й Международ. научной конференции «Ракетно-космическая техника: фундаментальные и прикладные проблемы». М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. Ч. 3. С. 73-76.
8. Pfender L.F. Trends in Thermal Plasma Technology // Thermal Plasma Torches and Technologies / Edited by Solonenko O.P.: Cambridge International Science Publishing, 2003. Vol. 1: Plasma Torches. Basic Studies and Design. P. 20-41.
9. Cetegen Baki M., Saptarshi B. Review of Modeling of Liquid Precursor Droplets and Particles Injected into Plasmas and High-Velocity Oxy-Fuel (HVOF) Flame Jets for Thermal Spray Deposition Applications // Journal of Thermal Spray Technology: Springerlink, Mid-December 2009. Vol. 18 (5-6). P. 769-793.

10. Guessasma S., Montavon G., Coddet C. Modeling of the APS Plasma Spray Process Using Artificial Neural Networks: Basis, Requirements and an Example // Computational Materials Science, 2004. Vol. 29 (3). P. 315-333.

11. Ahmed I., Bergman T.L. Optimization of Plasma Spray Processing Parameters for Deposition on Nanostructured Powders for Coating Fomation // Journal of Fluid Engineering, 2006. V. 128 (2). P. 394-401.

Статья поступила 12.07.2017

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF DEPOSITING MULTIFUNCTIONAL PLASMA COATINGS

IGOR N. KRAVCHENKO, DSc (Eng), Professor¹

E-mail: kravchenko-in71@yandex.ru

MAKSIM A. GLINSKY, post-graduate student¹

E-mail: maximagl@yandex.ru

YURI A. SHAMARIN, PhD (Eng), Assistant Professor²

E-mail: shamarina@mgul.ac.ru

TATYANA A. CHEKHA, engineer¹

E-mail: zubik280270@mail.ru

¹Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev; 127550, Timiryazevskaya Str., 49, Moscow, Russian Federation

² Mytishchi Branch of Moscow State Technical University named after N.E. Bauman; 141005, 1-ya Institutskaya Str., 1, Moscow region, Mytishchi, Russian Federation

The paper presents the common universal data base of materials, coatings and technological processes providing for the use of up-to-date automatic methods of intelligent information processing and the search of analytical dependences, as well as the information analytical computation system to calculate, design and implement plasma spraying deposition technological processes. The developed intelligent computer-aided engineering system (CAE-system) is a productive and informational knowledge array enabling the structuring of stored data in the form of a unified graph by using special program algorithms. Due to the special data structuring CAE-system allows performing the subsequent data clustering based on the Kohonen neural network and searching the analytical dependences using the different Data Mining tools, algorithms and symbol regression by linking the corresponding program modules based on respective mathematical models. The authors describe the modeling of the plasma coating process, and provide empirical dependences of the coating properties (density, material utilization coefficient, adhesion strength between the coating with the substrate) on the main process parameters (current strength, flow rate, composition of the plasma-forming gas). The use of intelligent computer-aided design will significantly reduce the cost of the developed technologies (technological processes and equipment) spraying parts with coatings, improve their quality, as well as the labour productivity of designers and technologists. The implemented software package will allow performing computational experiments for complex research and forecasting of the obtained coatings of various functional purposes with increased physical, mechanical and operational properties.

Key words: restoration and hardening of machinery parts, thermal spray processes, intelligent system of computer-aided design (CAD-system), multifunctional coatings, plasma technology, software, specialized database, dual-purpose technology.

References

1. Kravchenko I.N., Puzryakov A.F., Korneyev V.M. Tekhnologicheskiye protsessy v tekhnicheskome servise mashin i oborudovaniya [Technological processes in the technical service of machines and equipment]. Moscow, INFRA-M, 2017. 346 p. (in Rus.)

2. Baldayev L. Kh. Gazotermicheskoye napyleniye poroshkovykh materialov dlya polucheniya zashchitnykh pokrytiy s zadannymi svoystvami [Gazothermic spraying of powder materials for obtaining protective coatings with specified properties]: DSc (Eng) thesis 05.16.01, 05.02.10. Kursk, 2009. 317 p. (in Rus.)

3. Puzryakov A.F. Perspektivnyye napravleniya issledovaniy gazotermicheskikh tekhnologiy naneseniya pokrytiy [Perspective research directions of gas-thermal coating technologies]. *Svarochnoye proizvodstvo*. 2010. No. 7. Pp. 18-22. (in Rus.)

4. Baldayev L. Kh. Borisov V.N., Vakhalin V.A. Gazotermicheskoye napyleniye [Gas-thermal spraying]. 2nd ed. Moscow, Staraya Basmannaya, 2015. 539 p. (in Rus.)

5. Kravchenko I.N., Karelina M. Yu., Zubrilina Ye.M., Kolomeychenko A.A. Resursoberegayushchiye tekhnologii polucheniya funktsional'nykh nanostrukturirovannykh pokrytiy vysokoskorostnymi metodami naneseniya [Resource-saving technologies for obtaining functional nanostructured coatings using high-speed deposition methods]. *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2015. Vol. 15. No. 3 (82). Pp. 19-27. (in Rus.)

6. Puzryakov A.F. Teoreticheskiye osnovy tekhnologii plazmennogo napyleniya [Theoretical basics of the technology of plasma spraying]. 2nd ed., reviewed and extended. Moscow, Izd-vo MGTU im. N. Ye. Bauman, 2008. 360 p. (in Rus.)

7. Puzryakov A.F., Kocharov G.R. Intellektual'naya sistema avtomatizirovannogo proyektirovaniya pokrytiy razlichnogo funktsional'nogo naznacheniya [Intellectual system for the automated design of coatings of various functional purposes]. *Trudy 2-y Mezhdunar. nauchnoy konferentsii "Raketno-kosmicheskaya tekhnika: fundamental'nyye i prikladnyye problem"*. Moscow, MGTU im. N. Ye. Bauman, 2005. Part 3. Pp. 73-76. (in Rus.)

8. Pfender L.F. Trends in Thermal Plasma Technology. *Thermal Plasma Torches and Technologies*. Edited by Solonenko O.P. Cambridge International Science Publishing, 2003. Vol. 1: Plasma Torches. Basic Studies and Design. Pp. 20-41.

9. Cetegen Baki M., Saptarshi B. Review of Modeling of Liquid Precursor Droplets and Particles Injected into Plasmas and High-Velocity Oxy-Fuel (HVOF) Flame Jets for Thermal Spray Deposition Applications. *Journal of Thermal Spray Technology*: Springerlink, Mid-December 2009. Vol. 18 (5-6). Pp. 769-793.

10. Guessasma S., Montavon G., Coddet C. Modeling of the APS Plasma Spray Process Using Artificial Neural Networks: Basis, Requirements and an Example. *Computational Materials Science*, 2004. Vol. 29 (3). Pp. 315-333.

11. Ahmed I., Bergman T.L. Optimization of Plasma Spray Processing Parameters for Deposition on Nanostructured Powders for Coating Formation. *Journal of Fluid Engineering*, 2006. Vol. 128 (2). Pp. 394-401

The paper was received on July 12, 2017

ТРЕБОВАНИЯ К ПУБЛИКАЦИЯМ

Статья, направляемая в журнал для публикации, должна соответствовать основной тематике журнала. Авторы должны предоставлять только оригинальные работы. Объем статьи не должен превышать 15 стр. Все статьи рецензируются.

Структура статьи

Название статьи без сокращений, но максимально точно отражать проблему.

Реферат (200-250 слов) – это самостоятельный законченный материал. Нужно коротко и емко отразить актуальность и цель исследований, условия и схемы экспериментов, привести полученные результаты (с обязательным аргументированием на основании цифрового материала), сформулировать выводы.

Ключевые слова (7-10 слов или словосочетаний)

Статья должна быть структурирована, обязательно содержать следующие разделы: введение (актуальность); цель исследований; материалы и методы; результаты и обсуждение; выводы.

Библиографический список должен быть составлен в соответствии с последовательностью ссылок в тексте.

Сведения об авторах. Полностью указываются: фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание, название организации – место работы (учебы), юридический адрес организации (индекс, страна, город, улица, дом), телефон, e-mail.

На английский язык следует перевести: название статьи; полное название научного учреждения; реферат и ключевые слова; названия литературных источников. **Машинный перевод недопустим!**

Требования к оформлению статьи

Шрифт Times New Roman, размер – 14 пт, интервал – 1,5. Страницы должны иметь нумерацию. Рисунки к статье представляются отдельными файлами в формате tiff, jpg, bmp, dwg. На рисунках должны быть только те обозначения, которые упоминаются в статье. Простые внутрискочные и однострочные формулы должны быть набраны символами в редакторе формул Microsoft Word, без использования специальных редакторов. Не допускается набор: часть формулы символами, а часть в редакторе формул.

Автор несет юридическую и иную ответственность за содержание статьи. Отрицательная рецензия, а также несоответствие статьи хотя бы одному из перечисленных условий может служить основанием для отказа в публикации.

Статьи присылать по адресу: vestnik@rgau-msha.ru.