

сплошность покрытия. Верхний предел толщины слоя для металлов IV–VI групп таблицы Менделеева и их карбидов, нитридов и карбонитридов равен $50-60a$, где a – период кристаллической решетки. При превышении этой толщины происходит формирование нежелательной для износостойких покрытий столбчатой структуры. Для реализации разработанной технологии были сконструированы специальные устройства, обеспечивающие оптимальную кинематику движения деталей в процессе нанесения покрытий.

1. Емельянов В.А., Иванов И.А., Мрочек Ж.А. Вакуумно-плазменные способы формирования защитных и упрочняющих покрытий. – Мн.: Издательство НПО «Интеграл», 1998. – 285 с.
2. Фролов И.С., Мрочек Ж.А., Иващенко С.А. Повышение триботехнических характеристик деталей из немагнитных материалов нанесением композиционных вакуумно-плазменных покрытий // Материалы международной 53-й науч.-техн. конф. проф., препод., научн. работн. и аспирантов Белорус. госуд. политехн. академии: В 4-х ч. – Мн., 1999. – Ч. 1 – С. 179.
3. Фролов И.С. Формирование вакуумно-плазменных мультислойных композиций для особых условий эксплуатации // Перспективные направления развития технологии машиностроения и металлообработки: Тез. докл. междунар. науч.-техн. конф., Минск, 8-9 апреля 2015 г. – Минск: Бизнесофсет, 2015. – С. 178-180.

УДК 621.9

УПРАВЛЕНИЕ НАСЛЕДОВАНИЕМ СВОЙСТВ И ОБЕСПЕЧЕНИЕМ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ И ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗДЕЛИЙ В РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯХ

**Чижик С.А.¹, Кузнецова Т.А.¹, Бородавко В.И.², Хейфец М.Л.²,
Грецкий Н.Л.², Батаев А.А.³, Панин А.В.⁴, Колмаков А.Г.⁴, Кречетов А.А.⁵,
Блюменштейн В.Ю.⁵**

- 1) Институт тепло- и массообмена имени А.В.Лыкова НАН Беларуси,
- 2) ОАО «НПО Центр» НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь;
- 3) Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Российская Федерация
- 4) Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения РАН, г. Томск, Российская Федерация
- 5) Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.Горбачева, г. Кемерово, Российская Федерация

Проблемы в разработке ресурсосберегающих технологий производства изделий всегда комплексные. Невозможно рационально обеспечить качество материалов и поверхностей для надежной эксплуатации изделий, только на

отдельных операциях технологического процесса производства или стадиях при их использовании, а надо рассматривать производственно-технологические и обслуживающе-эксплуатационные этапы жизненного цикла изделий в целом. Сбережение на одной операции или стадии, может привести к потере материальных ресурсов и дополнительным затратам труда на других.

В этой связи необходимо анализировать передачу эксплуатационных свойств от операции к операции, то есть исследовать технологическую наследственность и управлять передачей свойств для обеспечения качества в жизненном цикле изделий. При этом следует рассматривать всю совокупность технологических воздействий на операциях обработки и эксплуатационных факторов на стадиях эксплуатации, а также учитывать их взаимовлияние, приводящие к самоорганизации процессов формирования свойств изделий.

В современных условиях требуется с единых позиций самоорганизации физических явлений и наследования параметров качества функциональных элементов, рассматривать проектные и производственные этапы, эксплуатацию и обслуживание в **жизненном цикле изделий**, поэтому:

1. На основе синергетической концепции предложено при проектировании методов обработки изделий из различных конструкционных материалов учитывать доминирование свойств отношений технологических решений, описывающих обеспечение контролируемых параметров технической системы. С этих позиций, рассмотрено **проектирование** механических и термических операций технологических процессов, использующих различные воздействия, в том числе и концентрированными потоками энергии для поверхностной упрочняющей и размерной обработки конструкционных материалов.

2. Применена синергетическая концепция, позволившая сформировать комплексную математическую модель технологического наследования эксплуатационных показателей качества, описывающую различные режимы операций обработки, стадий эксплуатации и их устойчивость при производстве и применении изделий. Использование математической модели при компьютерном проектировании предоставило возможности по оптимизации режимов для сокращения затрат при **изготовлении и восстановлении** ответственных деталей машин.

3. Рассмотрены различные модели утраты работоспособности узлов трения машин и исчерпания ресурсных показателей материалов и поверхностей сопряженных деталей, на базе комплексной математической модели наследования показателей качества в жизненном цикле изделия, описывающей различные режимы поведения при производстве и применении конструктивно-сложных технических систем. Это позволило сформировать методики и разработать средства **контроля качества** определяющих параметров в жизненном цикле изделий.

4. Технологическое наследование взаимозависимых параметров качества изделия представлено совокупностью физических явлений переноса. Рассмотрение технологической цепочки «режим обработки – состояние

поверхностного слоя - эксплуатационные свойства», определило описание сложных взаимосвязей процессов формирования поверхностных слоев деталей в виде функционалов. Разработанные модели технологического наследования на основе системы функционалов, дают возможности предлагать способы и режимы **управления** формированием параметров качества в жизненном цикле изделий.

5. Проведено мультимасштабное изучение технологической цепочки процессов многоуровневого **обеспечения** параметров качества в жизненном цикле изделий: от наноструктур тонких пленок и слоев методами атомно-силовой микроскопии, через микро- и мезо-, физико-механические и геометрические параметры качества материалов и поверхностей деталей, к макрохарактеристикам и свойствам изделий специального назначения. Полученное описание позволило не только проследить закономерности технологического наследования, но и применить их, как для пооперационного контроля с использованием физических методов, так и для проектирования технологий, обеспечивающих высокую долговечность деталей и безотказность машин.

В результате для машиностроительных предприятий разработаны ресурсосберегающие технологии, использующие концентрированные потоки энергии для изготовления и восстановления деталей машин, а также оборудование, средства оснащения и контроля эксплуатационных параметров качества в технологических процессах. Теоретические результаты нашли широкое применение при проектировании, производстве и применении техники различного назначения и активно используются в учебном процессе при подготовке инженерных и научных кадров.

УДК 621.923

ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ПЛАЗМЕННЫХ КАРБИДНЫХ ПОКРЫТИЙ

Шаройкина А.В., Ярмач Ю.Ю.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Одной из причин, снижающих надежность и долговечность деталей машин, и вызывающих преждевременный выход из строя является износ рабочих поверхностей. Данная задача может решаться путём повышения твердости и микротвёрдости поверхностей, особенно у деталей, работающих в условиях абразивного износа. Реальным способом обеспечения необходимых физико-механических свойств поверхностей и повышения их надежности и долговечности, в том числе и износостойкости, является нанесение защитных покрытий из твердых самофлюсующихся сплавов, карбидов, боридов и других тугоплавких материалов.