

# ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА КОМПЛЕКСНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ВНУТРЕННИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗДЕЛИЙ С ВАКУУМНЫМИ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

Михайлова Е.А. (ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

*In article data about features of synthesis complex technological processes of processing of internal cylindrical surfaces of products with vacuum ionic-plasma coverings are presented. The general methodology of creation of complex technological processes based on realisation of three stages is resulted. Schedules of dependence of parametres of a roughness of a surface of a product which allow to define their rational parametres at the first stage of technological process are resulted.*

## 1. Введение.

В настоящее время для повышения качества изделий машиностроения широко применяются различные виды покрытий рабочих поверхностей. Они дают возможность решать различные практические задачи, возникающие в процессе создания современных машин и технологических систем. Наиболее перспективными видами покрытий изделий с точки зрения обеспечения необходимых функциональных особенностей изделий являются вакуумные ионно-плазменные покрытия [1, 2]. Эти покрытия позволяют реализовывать комплекс необходимых свойств изделиям, при этом их технологии являются экологически чистыми и безопасными для окружающей среды. Вместе с тем вопросы, связанные с нанесением данных покрытий на внутренние цилиндрические поверхности изделий не достаточно изучены и особенно требуют проведения глубоких исследований в направлении разработки технологий их реализации [3, 4, 5].

Можно отметить, что обычно при разработке технологий изготовления изделий с внутренними цилиндрическими поверхностями при нанесении вакуумных ионно-плазменных покрытий рассматриваются только отдельные вопросы проектирования технологий для отдельных этапов. При этом они не учитывают все этапы технологического процесса в едином комплексе. Поэтому вопросы разработки комплексного технологического процесса изготовления изделий с внутренними цилиндрическими поверхностями в условиях напыления вакуумных ионно-плазменных покрытий является актуальной для машиностроения проблемой, направленной на повышение качества и эффективности их изготовления.

Целью данной работы является повышение качества и эффективности изготовления изделий с внутренними цилиндрическими поверхностями в условиях напыления вакуумных ионно-плазменных покрытий на основе разработки общей методологии синтеза рационального комплексного технологического процесса.

В соответствии с поставленной целью в работе решены следующие задачи:

- разработана общая методология синтеза комплексного технологического процесса, позволяющая создавать рациональный технологический процесс изготовления изделий с внутренними цилиндрическими поверхностями в условиях нанесения вакуумных ионно-плазменных покрытий для трех этапов реализации процесса;

- установлены особенности реализации комплексного технологического процесса изготовления изделия с внутренней цилиндрической поверхностью на этапах до нанесения покрытия и в период нанесения покрытия;

- приведены результаты экспериментальных исследований по определению зависимостей и закономерностей параметров шероховатости поверхности изделия до и после нанесения покрытия.

## 2. Основные результаты работы.

Можно отметить, что в процессе изготовления изделий с внутренними цилиндрическими поверхностями в условиях нанесения вакуумного ионно-плазменного покрытия обычно выполняется три этапа комплексного технологического процесса:

- технологический процесс до нанесения покрытия,
- технологический процесс нанесения покрытия,
- технологический процесс после нанесения покрытия.

При этом для обеспечения заданной совокупности свойств изделий и повышения эффективности их изготовления эти этапы должны быть связаны между собой. В частности можно отметить, что в процессе нанесения ионно-плазменного покрытия образуемая поверхность имеет определенные параметры шероховатости поверхностного слоя. Поэтому на первом этапе реализации технологического процесса не нужно обрабатывать внутреннюю поверхность изделия с высокими параметрами шероховатости. А именно с параметрами шероховатости выше, чем получаемые

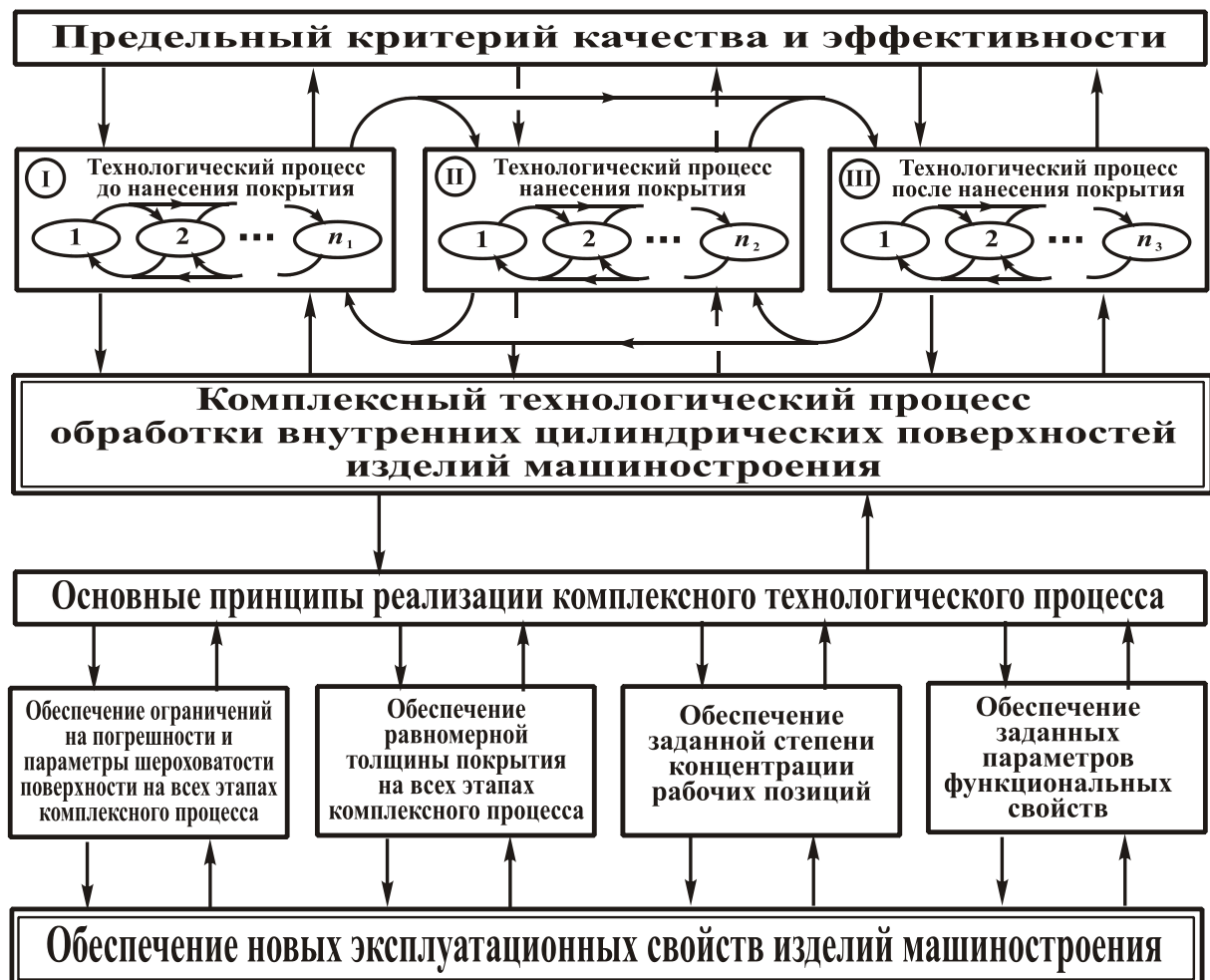


Рис. 1. Общая гипотетическая схема реализации комплексного технологического процесса обработки внутренних цилиндрических поверхностей изделий машиностроения

параметры при нанесении покрытия. Более того, в ряде случаев получаемые параметры шероховатости поверхности изделия на втором этапе комплексного технологического процесса при нанесении покрытия должны быть уменьшены в процессе дальнейшей обработки на третьем этапе комплексного технологического процесса после нанесения покрытия. Причем все три этапа комплексного технологического процесса должны реализовываться с позиций эффективного их выполнения. Из сказанного следует, что все три этапа комплексного технологического процесса связаны между собой и процесс синтеза должен выполняться на базе единого критерия качества и эффективности.

На рис.1 представлена общая гипотетическая схема реализации комплексного технологического процесса обработки внутренних цилиндрических поверхностей изделий машиностроения с вакуумными ионно-плазменными покрытиями. Здесь, три этапа комплексного технологического процесса итерационно связаны между собой на базе предельного критерия качества и эффективности. Итерационный подход позволяет создавать рациональные комплексные технологические процессы с учетом всех особенностей их реализации на каждом этапе и возможностей уточнения конкретных параметров. Можно отметить, что для обеспечения высоких параметров качества и эффективности изготовления изделий с покрытиями синтез комплексного технологического процесса должен выполняться на базе следующих принципов:

- обеспечения ограничений на погрешности и параметры шероховатости поверхности на всех этапах комплексного технологического процесса;
- обеспечение равномерной толщины покрытия на всех этапах комплексного технологического процесса;
- обеспечение заданной степени концентрации рабочих позиций;

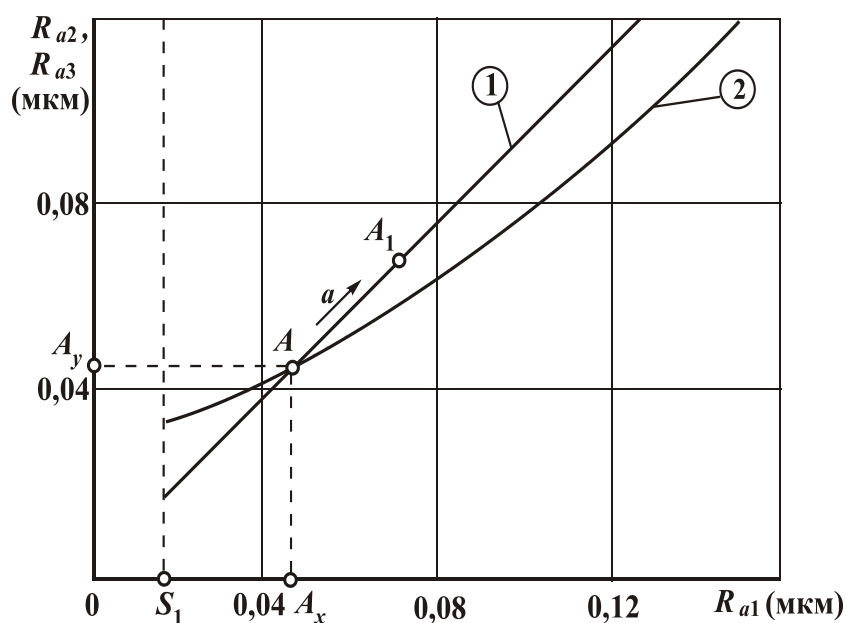


Рис. 2. Зависимость параметра шероховатости поверхности  $R_{a1}$  изделия (нержавеющая сталь) от параметров шероховатости изделия в процессе нанесения покрытия: 1 – после ионной бомбардировки (очистки) поверхности  $R_{a2}$ , 2 – после нанесения нитрид титанового покрытия ( $h=5$  мкм)  $R_{a3}$

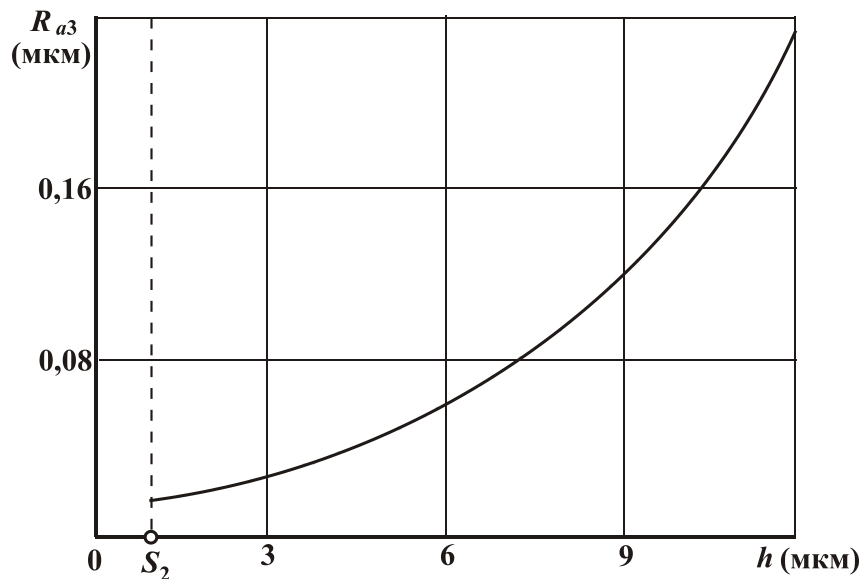
- обеспечение заданных параметров функциональных свойств.

Данный подход дает возможность вести синтез комплексных технологических процессов изготовления изделий с внутренними цилиндрическими поверхностями в условиях нанесения вакуумных ионно-плазменных покрытий на новой основе с учетом всех особенностей всех этапов. Это позволяет получить качественно новую совокупность свойств изготавливаемых изделий.

В соответствии с разработанной методологией в работе проведены исследования

по определению целесообразных рациональных минимальных параметров шероховатости поверхности изделия, обеспечиваемых на первом этапе комплексного технологического процесса в зависимости от параметров шероховатости, получаемых на втором этапе. На рис. 2 представлена зависимость параметра шероховатости поверхности  $R_{a1}$  изделия (нержавеющая сталь) от параметров шероховатости изделия в процессе нанесения покрытия: **1** – после ионной бомбардировки (очистки) поверхности  $R_{a2}$ , **2** – после нанесения нитрид титанового покрытия ( $h=5$  мкм)  $R_{a3}$ . Время ионной бомбардировки поверхности изделий (подложки) во всех случаях составляло 10 минут. График 2 рис.2 приведен для наносимого нитрид титанового покрытия толщиной 5 мкм. Каждый график построен на базе исследований параметров шероховатости 21 образца-свидетеля, по трем образцам-свидетелям в каждой точке.

Анализируя графики рис. 2 можно отметить, что для изделий с толщиной покрытия 5 мкм, на первом этапе комплексного технологического процесса параметры шероховатости поверхности изделия нужно обеспечивать не ниже  $R_{a1\min} = 0,045$  мкм (точка  $A$ ). При этом обеспечение более низких параметров шероховатости (точка  $A_x$ ) изделия не целесообразно, так как требуются дополнительные затраты на полировальную операцию. Это обусловлено тем, что они все равно ухудшаются на



**Рис. 3.** Зависимость параметра шероховатости  $R_a$  внутренней цилиндрической поверхности изделия от толщины нитрид титанового покрытия  $h$  (параметр шероховатости поверхности подложки  $R_a = 0,015$  мкм)

увеличивается с увеличением толщины покрытия  $h$ .

На рис. 3 представлен график зависимости параметра шероховатости  $R_a$  внутренней цилиндрической поверхности изделия от толщины нитрид титанового покрытия  $h$  (параметр шероховатости поверхности подложки  $R_a = 0,015$  мкм) для фиксированных значений тока дуги  $I_d$  плазменного потока. Этот график и график 1 рис. 2 дают возможность определять рациональные минимальные параметры шероховатости изделия до нанесения покрытия в зависимости от толщины покрытия

втором этапе комплексного технологического процесса при нанесении покрытия (точка  $A_y$ ).

Можно отметить, что при увеличении толщины покрытия поверхности изделия (рис. 3) точка  $A$ , минимальных параметров шероховатости изделия, на графике 1 рис. 2 смещается в направлении  $a$ . Это связано с тем, что величина параметра шероховатости поверхностного слоя покрытия изделия  $R_{a3}$

изделия получаемого на втором этапе комплексного технологического процесса в период нанесения покрытия.

На третьем этапе комплексного технологического процесса обработки изделия с покрытием для улучшения параметров шероховатости поверхности возможно дальнейшее снижение параметров шероховатости, например, применяя операции полировки, суперфиниширования, притирки или другие операции.

### **3. Заключение.**

Таким образом, в представленной работе, в результате проведенных исследований, разработана общая методология синтеза комплексного технологического процесса изготовления изделий с внутренними цилиндрическими поверхностями в условиях нанесения вакуумных ионно-плазменных покрытий. При этом установлены особенности реализации комплексного технологического процесса изготовления изделия с внутренней цилиндрической поверхностью на этапах до нанесения покрытия и в период нанесения покрытия; А также приведены результаты экспериментальных исследований по определению зависимостей и закономерностей параметров шероховатости поверхности изделия до и после нанесения покрытия. В целом проведенные исследования позволяют повысить качество и эффективность изготовления изделия с внутренними цилиндрическими поверхностями с вакуумными ионно-плазменными покрытиями.

**Список литературы:** 1. Машиностроение. Энциклопедия. / Ред. совет: К.В.Фролов (пред.) и др. – М.: Машиностроение. Технологии, оборудование и системы управления в электронном машиностроении. Т. III – 8 / Ю.В. Панфилов, Л.К. Ковалев, В.А. Блохин и др.; Под общ. ред. Ю.В. Панфилова. 2000. - 744 с. 2. Нанесение износостойких покрытий на быстрорежущий инструмент / Ю.Н. Внуков, А.А. Марков, Л.В. Лаврова, Н.Ю. Бердышев. – К.: Тэхника, 1992. – 143 с. 3. Михайлова Е.А., Михайлов В.А. К вопросу нанесения вакуумных ионно-плазменных покрытий на внутренние поверхности изделий машиностроения // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2005. Вип. 30. С. 157-164. 4. Михайлова Е.А. Некоторые особенности напыления вакуумных ионно-плазменных покрытий на внутренние цилиндрические поверхности изделий машиностроения // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2006. Вип. 31. С. 210 – 219. 5. Михайлова Е.А. Общие характеристики напыления ионно-плазменных покрытий на внутренние цилиндрические поверхности изделий // VII Международный научно-технический семинар «Практика и перспективы развития партнерства в сфере высшей школы» - Таганрог: ТГРТУ, 2006. С. 136-141.

Сдано в редакцию 25.05.07