

СИНТЕЗ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА НАНЕСЕНИЯ ДЕТОНАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Петров М. Г. (ДонНТУ, г. Донецк, ДНР)

Тел./Факс: +38 (062) 3050104; E-mail: tm@mech.dgtu.donetsk.ua

Abstract: *The paper gives the data as to the engineering support of detonation coating deposition. Breakdown of the detonation coating into the functional elements with the hierarchic structure construction based on the functionally oriented approach is examined. The example of the technological approach to the design and engineering adaptation of blocks and units of detonation equipment is given.*

Key words: *detonation coatings, functionally oriented approach, functional elements, hierarchic structure.*

Конструкторско-технологическое обеспечение создания новых и используемых производственных процессов и технологий является актуальной задачей, решение которой обеспечивает проектирование и изготовление технологически ориентированного оборудования.

Технологическое обеспечение процесса нанесения детонационных покрытий осуществляется исходя из заданных условий формирования их слоистых структур, базовыми из которых являются однородные, многослойные, градиентные и функционально-ориентированные покрытия [1, 2]. Возможность и качество нанесения различных видов детонационных покрытий взаимосвязаны с конструктивно-аппаратным исполнением блоков и узлов детонационного оборудования, используемыми порошковыми материалами и технологическими приемами их напыления, а также рядом других соответствующих факторов. Установление причинно-следственных связей между конструкторскими решениями блоков и узлов детонационного оборудования и обеспечиваемыми ними технологическими возможностями детонационного оборудования служит научно-информационной базой при специализированной разработке последнего для выполнения конкретной технологической задачи.

Адаптация конструктивно-аппаратного исполнения детонационного оборудования и технологического обеспечения детонационного напыления порошкового материала, в числе других факторов, связана с используемыми рабочими компонентами взрывчатой смеси и организацией истечения двухфазного потока, обуславливающих физико-химические и структурно-энергетические составляющие процесса нанесения покрытий, существенно влияющих на формирование вещественных и качественных основ последнего.

Существенную роль в обеспечении качества детонационного напыления порошковых материалов играют технологические параметры детонационного оборудования, обеспечиваемые посредством аппаратно-конструктивного исполнения его элементов. Среди этих элементов важно исполнение всех блоков и узлов детонационного оборудования, включая, ствол, системы дозирования рабочих газов и порошковых материалов, а также системы контроля и управления процесса нанесения покрытий.

На стадиях изучения основ детонационного напыления порошковых материалов и накопления соответствующей опытно-исследовательской и научно-технической информации подход к разработке оборудования и технологии детонационного нанесения покрытий заключался в решении задач, связанных с улучшением технических характеристик исполнительных элементов детонационного оборудования и разработкой технологических приемов детонационного напыления порошковых материалов. Достаточно подробно изучались, например:

- конструктивные особенности камер сгорания стволов детонационного оборудования, обеспечивающие повышение соответствующих характеристик режимов сгорания и детонации газовых смесей, а также истечения продуктов детонации [3];
- автоматизация процесса детонационно-газового нанесения покрытий [4];
- дозаторы порошковых материалов [5];
- динамическое взаимодействие частиц порошка с детонационной волной в процессе истечения двухфазного потока продуктов детонации [6].

Подход связан с анализом и выработкой индивидуальных конструкторских и технологических решений, служащих для обеспечения локальных условий формирования детонационных покрытий. Это недостаточно эффективно для реализации комплексной разработки технологического процесса и детонационного оборудования.

Технологический подход к разработке детонационного оборудования был предложен при рассмотрении технологии детонационно-газового напыления порошков, содержащих полимеры [8, 9]. Конструктивную реализацию блоков и узлов детонационного оборудования для нанесения покрытий было предложено выполнять на основе анализа и обеспечения значительного числа технологических факторов, влияющих на свойства наносимых покрытий в различные пространственно-временные стадии процесса напыления порошковых материалов. Также было рекомендовано согласовывать конструктивно-аппаратное обеспечение процесса нанесения детонационных покрытий с особенностями соответствующей технологической фазы и/или единичного цикла формирования детонационного покрытия. Такие согласования можно комбинированно реализовывать посредством как управления индивидуальными характеристиками единичных циклов напыления порошкового материала, так и изменения физико-динамических условий формирования наносимых покрытий за счет конструкторско-аппаратных решений детонационного оборудования и используемой технологической оснастки.

Перспективным направлением синтеза конструкторско-технологического обеспечения процесса нанесения детонационных покрытий является использование функционально-ориентированного подхода (ФОП) [9, 10]. Применение ФОП при синтезе технологий машиностроения позволяет структурировать анализ соответствия и адекватности технологических воздействий к функциональным элементам изделий и их соответствие эксплуатационным функциям. Одним из основных элементов ФОП является ориентация технологических воздействий на функциональные составляющие изделия в зависимости от особенностей их образования и эксплуатации. Использование ФОП при разработке технологического процесса детонационного нанесения покрытий может позволить структурировать его технологические и элементные составляющие и более полно их учитывать при конструктивной реализации детонационного оборудования.

Цель настоящей работы – разработка алгоритма синтеза конструкторско-технологического обеспечения процесса детонационного нанесения покрытий на основе ФОП.

Технологический подход к разработке блоков и узлов детонационного оборудования рассмотрим на условном примере моделирования детонационного покрытия. В соответствии с рекомендациями ФОП разбиваем моделируемое детонационное покрытие на функциональные элементы и строим иерархическую структуру (рис. 1).

Исходя из выбранного варианта структуры построения моделируемого детонационного покрытия, производим анализ эксплуатационных функций, воздействующих на функциональные элементы покрытия, и формируем к ним комплексные требования, удовлетворяющие условиям их эксплуатации. Комплексные требования устанавливаются в зависимости от поставленной технической задачи, например:

- заданные эксплуатационные свойства;

- технологический уровень обеспечения свойств покрытия;
- выбор рабочих компонентов процесса нанесения детонационных покрытий;
- схема технологических воздействий.

На базе сформированных комплексных требований осуществляем предварительную разработку технологического процесса, предусматривающую реализацию выбранного структурного решения формирования покрытия, например:

- нанесение подслоя в виде однородного покрытия;
- нанесение конструкционного слоя в виде градиентного покрытия;
- нанесение функционально-ориентированного слоя, состоящего из антифрикционных и износостойких участков;
- нанесение приработочного слоя на износостойкие участки функционально-ориентированного слоя в виде антизадиричных участков.

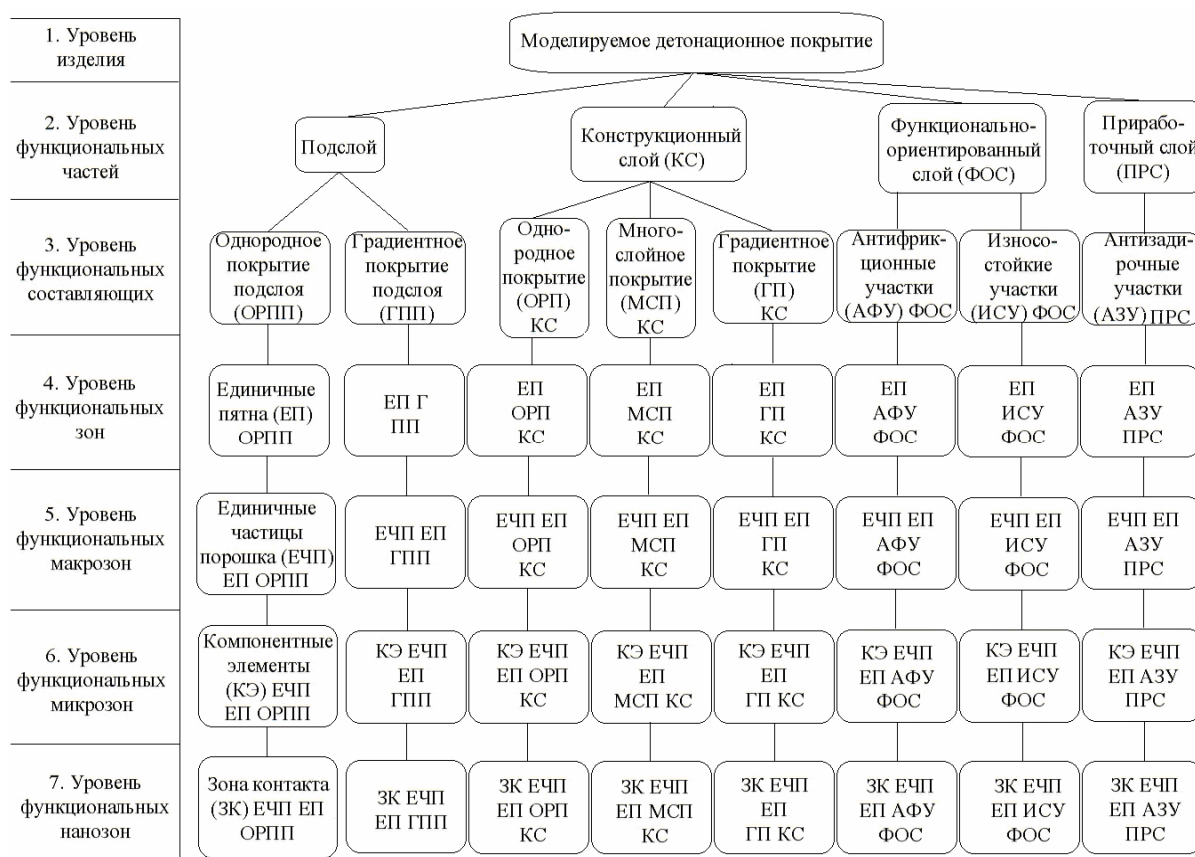


Рис. 1. Иерархическая структура моделируемого детонационного покрытия по уровням деления на функциональные элементы

Первый этап формирования моделируемого детонационного покрытия реализуется нанесением подслоя в виде однородного покрытия.

Нанесение подслоя реализуется порошковыми материалами, отличающимися физико-химическими характеристиками от порошковых материалов, используемых для формирования основной части детонационного покрытия. Порошковые питатели конструктивно предназначены для дозирования определенных видов порошковых материалов, что объясняется различием в технологических и эксплуатационных свойствах этих материалов, например, таких как сыпучесть, склонность к сводообразованию, уплотняемость. При напылении порошковых материалов могут быть использованы различные составы взрывчатой смеси, что вызвано влиянием продуктов детонации на фазовые и химические превращения, происходящие в напыляемом материале. При напы-

лении различных видов порошковых материалов корректируются многие технологические параметры работы детонационного оборудования, например: давление взрывчатой смеси и степень заполнения ствола, дистанция напыления, временные структурные параметры единичного цикла и всего процесса нанесения, технологические приемы нанесения покрытия, используемое технологическое оснащение. При напылении порошковых материалов, значительно отличающихся по своим физико-химическим и/или механическим свойствам, используются стволы, рабочие длины которых, служащие для нагрева и метания частиц порошкового материала на подложку детали, могут значительно отличаться, что делает нецелесообразным нанесения подслоя и основного покрытия на одном и том же стволе.

Второй этап формирования моделируемого детонационного покрытия – нанесение конструкционного слоя в виде градиентного покрытия.

Обеспечение изменений в многослойном покрытии, в котором каждый промежуточный слой содержит несколько компонентов с градиентом концентрации, направленным от основы к внешнему слою, требует использование порошковых питателей с управляемым изменением величины единичной дозы порошкового материала. При этом конструктивно-технологическое решение смешения и подачи в ствол единичных доз порошкового материала с изменяющимся соотношением компонентов может быть реализовано как вне ствола, так и в стволе. Возможна специальная предварительная подготовка необходимого количества единичных доз порошкового материала, отличающихся в процентном соотношении нескольких компонентов, и разработка соответствующих конструктивно-технологических решений подачи этих доз в ствол детонационного оборудования. В остальных вопросах технологического обеспечения нанесения градиентных покрытий требования к аппаратно-конструкторским решениям детонационного оборудования соответствуют требованиям, предъявляемым к нему для технологического обеспечения нанесения однородных покрытий.

Третий этап формирования моделируемого детонационного покрытия – нанесение функционально-ориентированного слоя, состоящего из антифрикционных и износостойких участков.

Конструктивно-технологические требования к детонационному оборудованию для нанесения функционально-ориентированных покрытий в основном аналогичны требованиям, предъявляемым к детонационному оборудованию, используемому для нанесения однородных покрытий. При этом нанесение функционально-ориентированных покрытий, реализуемое посредством напыления порошковых материалов, отличающихся по своим физико-химическим и эксплуатационным свойствам, на заданные участки поверхности детали, может быть осуществлено посредством:

- использования многоствольного детонационного оборудования, в котором каждый из стволов служит для напыления одного из применяемых видов порошковых материалов;

- установки двух и более порошковых питателей на одном стволе детонационного оборудования и организации их работы в заданном циклическом режиме, согласованном с соответствующим перемещением подложки детали;

- применения нескольких единиц детонационного оборудования, например, работающем на отличительных по компонентному составу горючего взрывчатых смесях.

Четвертый этап формирования моделируемого детонационного покрытия – нанесение приработочного слоя на износостойкие участки функционально-ориентированного слоя в виде антизадиричных участков.

Нанесение приработочного слоя на отдельные участки функционально-ориентированного покрытия диктует необходимость реализации контроля его толщины

в процессе формирования, обеспечение чего должно быть предусмотрено в командном блоке детонационного оборудования.

При реализации детонационного нанесения покрытий могут быть использованы разнообразные технологические приемы, направленные на повышение физико-механических и эксплуатационных свойств детонационных покрытий и реализуемые за счет конструктивно-технологической адаптации детонационного оборудования, например:

- абразивная обработка подложки с целью активации поверхности;
- нагрев покрытия с целью оптимизации температурных полей;
- послойная абразивная очистка наносимого покрытия с целью повышения его плотности и когезионной прочности.

Установив и упорядочив структуру технологических воздействий на функциональные элементы на соответствующих функциональных уровнях, обеспечивающих заданные и/или необходимые эксплуатационные функции, согласовываем способы их реализации с конструкторскими решениями блоков и узлов детонационного оборудования.

Использование ФОП при синтезе конструкторского-технологического обеспечения процесса нанесения детонационных покрытий повышает эффективность адаптации конструкторского исполнения блоков и узлов детонационного оборудования к решаемым технологическим задачам.

Список литературы: 1. Бартенев С. С., Федько Ю. П., Григоров А. И. Детонационные покрытия в машиностроении. – Л.: Машиностроение, 1982. – 216 с. 2. Функционально-ориентированные детонационные покрытия / Михайлов А. Н., Головятинская В. В., Петров А. М., Петров М. Г. // «Практика и перспективы развития партнерства в сфере высшей школы»: Материалы XIV международного научно-практического семинара в г. Донецк 15-18 апреля 2013 г. В 3-х т. – Донецк: ДонНТУ, 2013. – Т. 3. – С. 143-147. 3. Харламов Ю. А. Стволы установок для детонационного напыления покрытий / Автоматическая сварка. – 2001. – № 10. – С. 17-21. 4. Харламов Ю. А. Технологические требования к автоматизации процесса детонационно-газового нанесения покрытий / Автоматическая сварка. – 1986. – № 1. – С. 62-67. 5. Астахов Е. А., Зверев А. И., Шаривкер С. Ю., Пашенко В. И. Дозирующие устройства для детонационного напыления / Порошковая металлургия. – 1979. – № 3. – С. 75-78. 6. Харламов Ю. А. Динамическое взаимодействие частиц порошка с детонационной волной при напылении / Физика и химия обработки материалов. – 1974. – № 1. – С. 48-53. 7. Некоторые аспекты разработки установки и технологии для детонационно-газового нанесения покрытий из композиционных порошков, содержащих полимеры / Буря А. И., Петров А. М., Назаренко А. А., Петров М. Г. // Композитные материалы: Международный научно-технический сб. – Днепропетровск: ДГАУ – 2008. – Т. 4. – № 1. – С. 24-33. 8. Burya A. I., Predrag D., Petrov A. M., Nazarenko A. A., Petrov M. G. A technological approach to the development of equipment and the process of detonation-gas coating application / Fascicle of Management and Technological Engineering, Volume IX (XIX). – 2010. – NR3. – P. 6-12. 9. Михайлов А. Н. Основы синтеза функционально-ориентированных технологий машиностроения. – Донецк: Изд-во ДонНТУ, 2009. – 346 с. 10. Дискурсивное развитие стратегии функционально-ориентированного метода разработки технологических процессов в машиностроении / Михайлов А. Н., Цыркин А. Т., Петров А. М., Головятинская В. В., Петров М. Г. // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. науч. тр. – Донецк: ДонНТУ, 2015. – № 2 (52). – С. 126-135.