

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРИРОВАНИЯ ДЕТОНАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ НАПЫЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Михайлов А.Н., Петров М.Г., Шейко Е.А., Михайлов Д.А. (ДонНТУ, Донецк, ДНР)
Тел./Факс: +38 (062) 3050104; E-mail: tm@mech.dgtu.donetsk.ua

Abstract: *In the present study we investigated the questions directed to the synthesis of structural variants of technological systems for deposition of functional coatings oriented machine parts. It is shown that on the basis of the proposed structural variants of the technological systems it is possible to spray a variety of types of detonation coatings for various purposes. The process of choosing a particular process structure of the system is determined by the structure of the sprayed coating.*

Key words: *coatings, structure, technology system, detonation, functional orientation.*

В настоящее время в различных отраслях народного хозяйства для повышения работоспособности деталей машин и обеспечения их нетрадиционных свойств, в ряде случаев, широко используются детонационные покрытия [1, 2, 3, 4]. Детонационные покрытия деталей машин позволяют существенно повысить их износостойкость, эрозионную и коррозионную стойкость, обеспечить минимальную пористость покрытий и газопроницаемость, снизить температурные воздействия на основной материал детали. Особенно эффективно использование детонационных покрытий для деталей, работающих в сложных эксплуатационных условиях, а именно при совместном действии температурных, эрозионно-коррозионных воздействиях абразивных, пылевых, щелочных, кислотных и солевых сред. На основе детонационного метода обеспечивается возможность напыления покрытий из различных материалов, в том числе, черных и цветных металлов и их сплавов, нержавеющей, комплексно-легированных и быстрорежущих сталей, различных твердых сплавов и керамики, композиционных и композитных материалов.

Можно отметить, что детонационный метод обеспечивает возможность напыления покрытий, как с минимальной пористостью, так и с заданной пористостью покрытия. Например, покрытия с заданной пористостью обеспечивают значительное снижение влияния температуры на основной материал детали. Так, специальное пористое покрытие, толщиной всего несколько микрометров, значительно снижают температурные воздействия на основной материал турбины газотурбинного авиационного двигателя (каждый микрометр покрытия поверхности позволяет снизить температуру на основном материале в пределах 1 ... 15° С). Это создает условия для создания газотурбинных двигателей следующих поколений, работающих при высоких температурных воздействиях на турбину. А также детонационные методы напыления покрытий обеспечивают условия горячего прессования порошкового материала на поверхности детали, высокую адгезию покрытия к основному материалу детали и в целом формируют специальные нетрадиционные свойства деталей машин.

Следует заметить, что при эксплуатации машин, на детали действуют неравномерные эксплуатационные функции, а именно: неравномерные удельные контактные нагрузки, неравномерные коррозионные воздействия, неравномерные эрозионные воздействия, неравномерные температурные и другие виды воздействий. Эти воздействия вызывают неравномерные разрушения деталей и их элементов:

- неравномерный износ поверхностного слоя и/или поверхностных слоев детали относительно друг друга;

- коррозионно-эрозионные разрушения поверхностного слоя и/или поверхностных слоев детали относительно друг друга;
- температурные разрушения деталей в целом и их элементов;
- другие виды разрушений деталей.

Поэтому в целом, ряд деталей и их элементов эксплуатируются в сложных условиях, характеризующихся неравномерными разрушениями [5]. Это снижает эксплуатационный потенциал деталей, так как в ряде случаев деталь выходит из строя из-за разрушения только отдельных зон или элементов детали. При этом другие зоны и элементы детали еще могут находиться в хорошем работоспособном состоянии. Это не позволяет реализовывать полный эксплуатационный потенциал детали в целом.

В таких условиях эксплуатации целесообразно использование специальных покрытий, которые бы позволяли решать вопросы повышения свойств деталей и полного использования их эксплуатационного потенциала в условиях действия неравномерных функций. В качестве таких покрытий рационально использование функционально-ориентированных покрытий [5]. При этом детонационный метод нанесения функционально-ориентированных покрытий деталей машин является перспективным направлением развития отделочно-упрочняющей обработки в машиностроении.

Вместе с тем, для реализации детонационных функционально-ориентированных покрытий деталей машин необходимо специальное технологическое оборудование, а именно технологические системы, способные реализовывать эти покрытия.

Для реализации детонационного функционально-ориентированного покрытия на детали необходимо в зоне ствола детонационной установки монтировать несколько питателей и необходимых элементов. При этом для выполнения сложных функционально-ориентированных покрытий на детали следует формировать определенную структуру технологической системы с несколькими стволами и необходимыми питателями различного порошкового материала. Поэтому в этом случае необходимо определенным образом структурировать технологические системы для реализации детонационных функционально-ориентированных покрытий деталей.

Целью данной работы является синтез структурных вариантов технологических систем для напыления функционально-ориентированных покрытий деталей машин, работающих в сложных условиях эксплуатации при действии неодинаковых функций на поверхности детали и/или группе поверхностей детали.

Рассмотрим структурные модели технологической системы для напыления детонационного функционально-ориентированного покрытия. В качестве технологического элемента системы в работе рассматривается питатель ствола для порошкового материала. При этом, в случае когда определена мощность множества технологических элементов детонационной системы (концентрация рабочих позиций) составляется их структура. Структура технологических элементов (питателей ствола) детонационной системы характеризует внутреннюю организацию, порядок и построение технологической оснастки и представляет собой совокупность элементов и отношений между ними.

Структура элементов детонационной системы для напыления функционально-ориентированного покрытия представляет собой совокупность упорядоченных множеств y и a , которую представляем следующим образом:

$$Str = \{y, a\},$$

где Str - структура технологических элементов (питателей) детонационной системы для напыления функционально-ориентированного покрытия;

y - множество технологических элементов (питателей) детонационной системы;

a - множество отношений на множестве y .

Здесь множества y и a имеют вид:

$$y = \{y_1, y_2, \dots, y_v\},$$

где y_η - η -й элемент множества y ;

$$a = \{a_1, a_2, \dots, a_{v_i}\},$$

где a_η - η -е отношение между элементами множества y .

Однако для реализации структуры технологических элементов (питателей) детонационной системы необходимо определить параметры множеств y и a .

Процесс формирования структуры технологических элементов (питателей) детонационной системы (рис. 1) основывается на следующем.

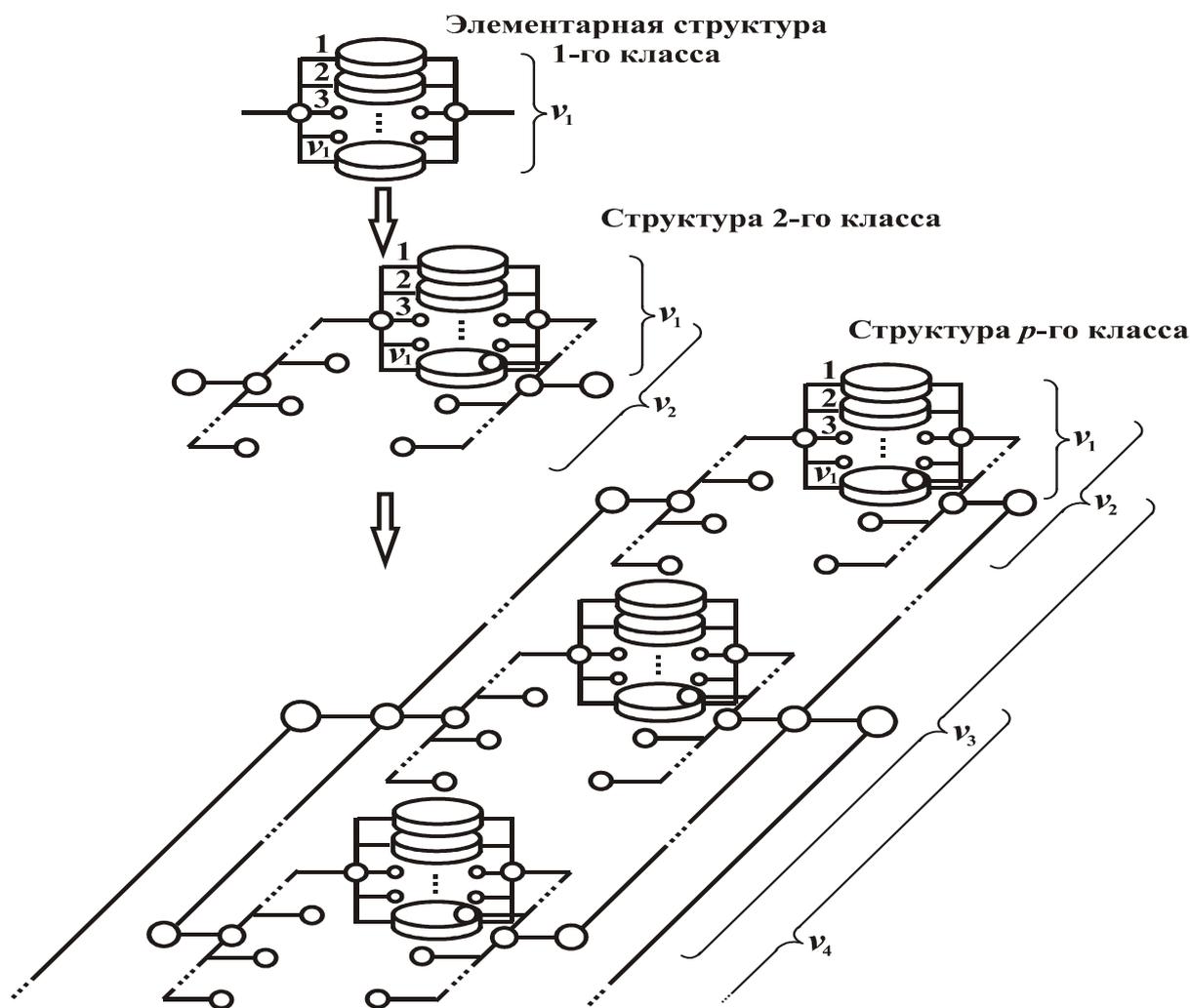


Рис. 1. Особенности формирования структуры технологических элементов (питателей) детонационной системы для напыления функционально-ориентированных покрытий

Сначала формируется элементарная структура 1-го класса, затем из этих элементарных структур составляется структура 2-го класса, потом – структура 3-го класса, и так далее до создания структуры p -го класса. При этом каждая элементарная структура питателей формируется возле ствола технологической системы. В этом случае, мощ-

ность множества технологических элементов (питателей) детонационной системы будет определяться на основании следующего выражения:

$$v = \sum_{k=1}^p v_{ik},$$

где v_{ik} - мощность множества элементов подсистемы k -го класса;

p – количество классов подсистем на множестве технологических элементов (питателей) детонационной системы установки.

Структурная модель рабочих позиций технологических элементов (питателей) детонационной системы по классам подсистем может быть представлена следующим образом:

$$Str = \{Str_1, Str_2, \dots, Str_p\},$$

где Str_k - структура подсистем k -го класса технологических элементов (питателей) детонационной системы.

Общую структурную модель состава технологических элементов (питателей) детонационной системы можно представить следующим выражением

$$Str = \bigcup^{v_p} \dots \bigcup^{v_2} \bigcup^{v_1} y_{\eta}.$$

Основной особенностью технологического обеспечения для напыления детонационных функционально-ориентированных покрытий является наличие гибкой структуры системы, управляемых систем и элементов структуры установки. Такое структурирование технологической системы для напыления обусловлено необходимостью варьирования видами материалов, составами материалов и зернистостью напыляемого порошка, а также изменения структуры видов материалов, состава материалов, зернистости порошкового напыляемого материала. При этом эти изменения могут быть плавными, функционально зависимыми, ступенчатыми и других видов.

Для повышения эффективности процессов напыления детонационных функционально-ориентированных покрытий и расширения технологических возможностей могут применяться различные виды структур детонационных установок, в том числе приведенных на рис. 2 [6].

На рис. 2 представлены структурные варианты детонационных технологических систем для напыления функционально-ориентированных покрытий: рис. 2,а – радиальное расположение детонационных стволов, рис.2,б – осевое расположение детонационных стволов. Цифры рис. 2 показывают: 1, 2, 3 – детонационные стволы, 4 - напыляемая деталь, 5 – прогреватель детали (покрытия). Здесь, имеются следующие обозначения: B_1 – вращательное движение детали; P_2 – прямолинейно перемещение; α_1 и α_2 - углы между стволами; l_1 и l_2 - расстояние между стволами. Приведенные структурные варианты детонационных технологических систем позволяют реализовывать функционально-ориентированные покрытия деталей. Причем в сочетании с определенной структурой движений эти системы могут реализовывать функции 3-D принтеров.

Следует также отметить, что параметры процесса в детонационном стволе при напылении функционально-ориентированных покрытий также должны иметь возможность управления всеми параметрами, а именно основными параметрами процесса в детонационном стволе, подачей газов, сред и напыляемого порошкового материала. При этом порошковый материал должен подаваться в детонационный ствол с заданными параметрами, а именно с возможностью управления параметрами, свойствами, составом и структурой.

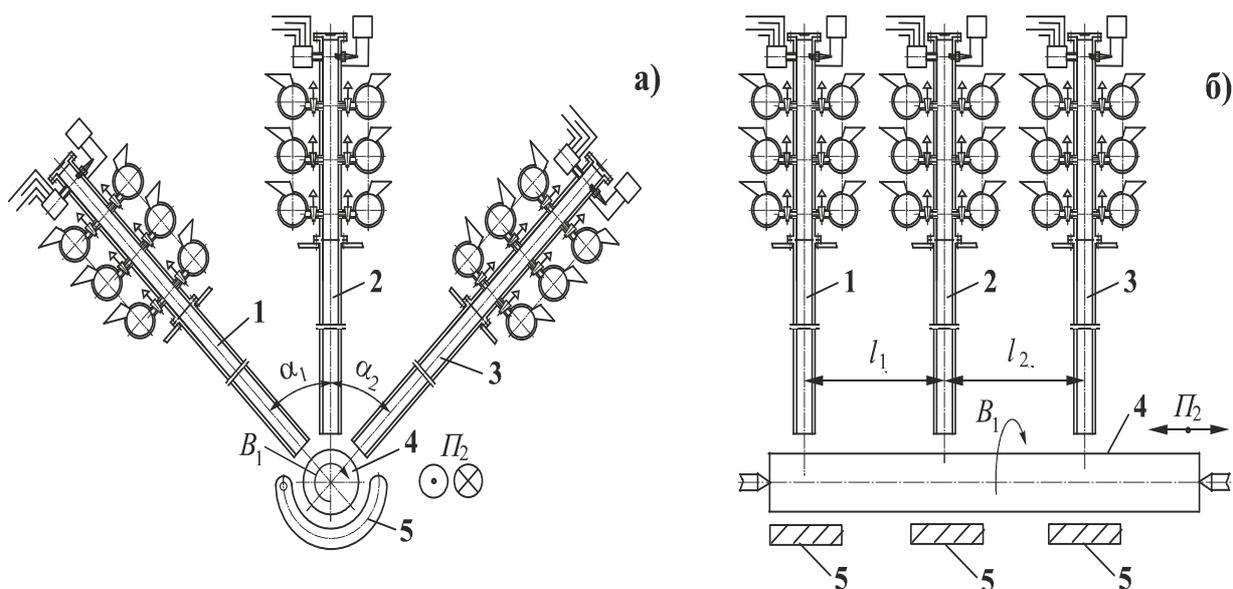


Рис. 2. Структурные варианты детонационных технологических систем для напыления функционально-ориентированных покрытий: а – радиальное расположение детонационных стволов, б – осевое расположение детонационных стволов

Таким образом, в представленной работе исследованы вопросы, направленные на синтез структурных вариантов технологических систем для напыления функционально-ориентированных покрытий деталей машин. Показано, что на базе предлагаемых структурных вариантов технологических систем обеспечивается возможность напыления различных типов детонационных покрытий различного назначения. Процесс выбора конкретной структуры технологической системы определяется структурой напыляемого покрытия.

Список литературы: 1. Григоров А.И., Тананов А.И., Федько Ю.П. Некоторые особенности строения и свойств покрытий, полученных детонационным напылением. – Машиноведение, 1976, № 3. С. 82-86. 2. Шоршоров М.Х., Харламов Ю.А. Физико-химические основы детонационно-газового напыления покрытий. – М.: Наука, 1978. – 224 с. 3. Зверев А.И., Астахов Е.А., Шаривкер С.Ю. Детонационные покрытия в судостроении. – М.: Судостроение, 1979. – 232 с. 4. Бартенев С.С., Федько Ю.П., Григоров А.И. Детонационные покрытия в машиностроении. – Л.: Машиностроение, 1982. – 215 с. 5. Михайлов А.Н. Основы синтеза функционально-ориентированных технологий. – Донецк: ДонНТУ, 2009. – 346 с. 6. Михайлов А.Н., Петров М.Г., Шейко Е.А., Михайлов Д.А. Технологические особенности реализации детонационных функционально-ориентированных покрытий в машиностроении / Научно-технические аспекты в машиностроении. – М.: Машиностроение, 2016, № 4. – С. 35-41.