

Для электромагнитной технологии предпосевной обработки семян необходимые источники СВЧ колебаний с высокими требованиями по спектрально-флуктуационными и энергетическими характеристиками. В статье предлагается возможность создания необходимых источников на основе лавинно-пролетных диодов. Исследование опирается на анализ литературных источников, судя по которым можно сделать вывод, что в КВЧ диапазоне наибольшее распространение получили волноводные резонаторы, так как в этом диапазоне их добротность выше, чем в коаксиальных и полосковых. На практике широко используются волноводно-штыревой и радиально-волноводный резонаторы. В КВЧ диапазоне длин волн широко применяются различные типы антенн, основные из которых: волноводно-щелевые, антенны поверхностных волн и рупорные.

Результатом разработанной методики следует, что одним из основных элементов установки для предпосевной обработки семян является излучатель ЭМ энергии, который должен сформировать необходимую диаграмму направленности и обеспечить достаточный уровень плотности потока мощности на зерне при движении конвейерной ленты.

Ключевые слова: электромагнитная технология, излучение, антенны, генераторы, колебания.

УДК 621.9

Петров М.Г.

Донецк, Украина

E-mail: depla@mech.dgtu.donetsk.ua

ФУНКЦИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ШЕЕК КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

Применение функционально-ориентированного метода при разработке технологий позволяет улучшить качество разработки технологических процессов за счет поуровневого согласования технических возможностей и свойств отдельных элементов, поверхностей или зон изделия в зависимости от функциональных особенностей их эксплуатации. При выполнении работы использованы общие принципы функционально-ориентированного подхода применительно к разработке технологии восстановления шеек коленчатых валов на основе функционально-ориентированных детонационных покрытий и отделочной обработки.

Выполнены деление коленчатого вала и функционально-ориентированных детонационных покрытий на его шейках на иерархические структуры по уровням глубины технологии. Рассмотрено проектирование технологического процесса в три заданных этапа.

Использование функционально-ориентированного метода при разработке технологии восстановления шеек коленчатых валов позволяет структурировать анализ функциональных элементов коленчатого вала и сформировать необходимые технологические воздействия на каждый функциональный элемент, а также эффективно способствует разрешению операционных и структурных задач, связанных с синтезом технологического процесса.

Ключевые слова: функционально-ориентированный метод, иерархическая структура, коленчатый вал, детонационные покрытия, отделочная обработка, эксплуатационные функции.

Введение. Шатунные и коренные шейки (шейки) коленчатого вала одни из наиболее нагруженных его конструктивных элементов, износ которых влияет на долговечность и эксплуатационные характеристики коленчатого вала [1, 2]. Качественное восстановление износа шеек коленчатых валов увеличивает срок службы последних. Решение этой задачи существенно зависит от метода ремонтной технологии и способа его реализации. Известны различные методы восстановления изношенных шеек коленчатых валов [1, ..., 4]. Это методы наплавки, наварки, гальванические, газотермические и другие. У каждого метода есть свои достоинства и недостатки. Некоторые из используемых методов восстановления шеек коленчатых валов вызывают значительную деформацию реставрируемых коленчатых валов, что приводит к необходимости их правки после восстановления. Для чугунных коленчатых валов (большинство коленчатых валов легковых и грузовых автомобилей) использование правки крайне нежелательно, так как при правке в теле вала могут образоваться трещины, что связано с физико-механическими свойствами чугуна [2, 4]. Кроме того, не все известные методы восстановления гарантируют комплексное обновление первичных эксплуатационных шеек коленчатых валов, обеспечиваемых при его изготовлении. Например, для коленчатых валов автомобилей марок ВАЗ предусмотрена возможность перешлифовки шеек коленчатого вала при ремонте с уменьшением диаметра на 0,25; 0,5;

0,75 и 1 мм [3, 4].

Наносимая толщина хрома для износостойких покрытий составляет 0,3 мм [5]. Такая толщина слоя покрытия не обеспечивает при хромировании шеек коленчатого вала восстановление последнего ремонтного размера шеек при износе шеек более 0,3 мм от этого размера, а тем более остальных номинальных ремонтных или первичных размеров.

Разработка новых технологических решений восстановления шеек коленчатых валов является актуальным вопросом. При разработке технологии восстановления изношенных шеек коленчатых валов актуальной остается также задача повышения качества их восстановления.

Состояние вопроса. Рассмотрение различных методов восстановления шеек коленчатых валов, соотношения их качества и технологических преимуществ указывают на перспективность использования метода детонационного напыления покрытий [6, 7]. При нанесении детонационных покрытий на шейки коленчатого вала его деформация незначительна, покрытия имеют высокую адгезионную прочность, высокую однородность распределения физико-механических характеристик по толщине нанесенного слоя, который может быть выполнен от 10 мкм до нескольких мм.

К основным видам детонационных покрытий относятся: однородные, многослойные, градиентные и функционально-ориентированные.

Однородные детонационные покрытия выполняются из одинакового по составу порошкового материала и обладают неизменными эксплуатационными, физико-механическими и иными свойствами как по толщине, так и по площади всего покрытия [8, 9]. Свойства однородных детонационных покрытий определяются, прежде всего, соответствующими свойствами напыляемого порошкового материала и характером технологических воздействий на него в процессе формирования покрытия. При этом конструктивно-технологические возможности формообразования структуры детонационных покрытий используются достаточно неполно.

Многослойные детонационные покрытия состоят из двух и более последовательно полученных слоев, отличающихся по составу и, соответственно, по свойствам этих слоев [10].

Градиентные детонационные покрытия представляют собой многослойные покрытия, в которых каждый промежуточный слой содержит несколько компонентов с градиентом концентраций, направленным от основы к внешнему слою [10].

Свойства многослойных и градиентных детонационных покрытий изменяются по мере их износа, что неприемлемо в условиях использования пары трения (шейка коленчатого вала и вкладыш), не обладающих в зависимости от износа поверхностей обеих элементов пары трения скоррелированными свойствами. Создание пары трения со скоррелированными свойствами для шейки коленчатого вала и вкладыша – практически неразрешимая технологическая задача в связи с неравномерностью (овальность, конусность) износа контактных поверхностей данной пары трения.

Функционально-ориентированные детонационные покрытия (ФОДП) состоят из функционально-ориентированных участков, обеспечивающих различные сочетания соответствующих свойств участков, сформированных из однородного или различного по составу напыляемого порошкового материала [11, ..., 14]. Импульсный характер процесса детонационного нанесения покрытий и возможность управления составляющими параметрами единичных циклов (вариабельность процесса) в процессе напыления порошкового материала позволяет формировать функционально-ориентированные участки покрытия с различными эксплуатационными и физико-механическими свойствами [8, 9, 12].

ФОДП могут состоять, например, из согласованно расположенных участков,

выполненных из двух видов материалов – износостойкого, имеющего высокую твердость, и антифрикционного, имеющего низкий коэффициент трения скольжения. В качестве износостойкого материала возможно применение твердых сплавов, оксидов и других композитов с высокой твердостью, антифрикционного – материалов на основе соответствующих цветных металлов или полимеров. Повышение качества восстановления шеек коленчатых валов при использовании детонационного напыления на технологическом уровне целесообразно реализовывать на основе ФОДП. Это объясняется тем, что наличие в покрытии поверхностных участков, имеющих различные эксплуатационные и физико-механические характеристики, существенно расширяет возможности и качественные результаты синтеза технологии нанесения покрытия.

При восстановлении шеек коленчатых валов на основе ФОДП повышаются требования к отделочной обработке покрытий. Особенность отделочной обработки ФОДП заключается в одновременном воздействии используемых инструментов на участки покрытия, имеющих различные физико-механические свойства.

В основу рассматриваемого системного подхода к разработке технологии восстановления шеек коленчатых валов положен функционально-ориентированный метод (ФОМ) [15, 16, 17].

ФОМ базируется на топологически ориентированной реализации необходимого множества алгоритмов технологических воздействий орудий и средств обработки на соответствующие функциональные элементы изделия, включающих его микро-, макрозоны и участки, которые функционально соответствуют условиям эксплуатации каждого отдельного элемента. Кроме того, ФОМ предполагает классификацию функциональных элементов изделия, а также проведение анализа схем технологического воздействия на них, что позволяет максимально адаптировать функциональные элементы изделия по своим свойствам к особенностям их эксплуатации и технологическому назначению, а также выявить и реализовать более полный потенциал используемых технологических возможностей. Использование ФОМ при разработке технологий позволяет улучшить качество разработки технологических процессов за счет поуровневого согласования технических возможностей и свойств отдельных элементов, поверхностей или зон изделия в зависимости от функциональных особенностей их эксплуатации.

Целью данной работы является использование общих принципов ФОМ применительно к разработке технологии восстановления шеек коленчатых валов на основе ФОДП и отделочной обработки.

Основные положения разработки технологии при использовании функционально-ориентированного метода. Разработка технологии восстановления шеек коленчатых валов ведется в три этапа и выполняется на базе анализа информационного фонда известных технических решений аналогичных задач, поиска дополнительной информации из смежных областей техники и научных разработок, проведения необходимых исследований и выработки новых технических идей и решений. В процессе разработки технологии на всех этапах ее проектирования используется итеративная стратегия обработки информационных потоков, в том числе полученных в ходе исследований. Каждый информационный блок анализируется, сопоставляется с аналогами, вся полученная информация преобразуется с учетом специфики задачи [17].

На первом этапе: устанавливается проблема; формулируется задача с указанием условий, ограничений и критериев, определяющих выбор технологического процесса; проводится анализ служебного назначения детали и выявление структуры эксплуатационных функций, действующих на изделие в процессе его эксплуатации;

осуществляется генерация известной и приобретенной в результате выполненных исследований информации; выполняется обработка и систематизация полученной информации; производится выбор способа решения проблемы и составляется общая схема технологического процесса.

На втором этапе: производится деление изделия на множество функциональных элементов по уровням глубины технологии и их классификация; составляется структура функциональных элементов изделия, соответствующая действию эксплуатационных функций и особенностям формирования их свойств; рассматриваются варианты решения проблемы отдельно по каждому уровню на базе выполненных исследований с учетом известных технических идей и решений в смежных областях техники, в соответствующих областях физики, химии, информатики; анализируются недостатки рассмотренных вариантов.

На третьем этапе: генерируется множество возможных вариантов технологического процесса; с использованием итеративного подхода проводится анализ и синтез каждой из возможных технологических операции и оценивается их взаимное влияние; устанавливаются основные параметры технологического воздействия на каждом выявленном уровне; составляется схема технологического воздействия для каждого функционального элемента на выявленном или установленном уровне глубины деления изделия; синтезируется структура технологического процесса.

Разработка маршрутного технологического процесса и операционной технологии, определение припусков и операционных размеров, выбор технологического оборудования и технологической оснастки, установление режимов обработки и операционного времени соответственно зависят от выбора как методов и параметров технологических воздействий на функциональные элементы шеек коленчатого вала при реализации технологических операций, так и решений реализации межоперационных переходов.

При разработке технологического процесса осуществляется выбор или создание специального оборудования и методов контроля для каждого уровня глубины технологического процесса.

Процесс разработки технологии для восстановления шеек коленчатых валов с применением ФОДП предполагает его деление на функциональные элементы по уровням глубины технологии. Это дает возможность выполнить анализ взаимосвязи эксплуатационных свойств и технологических воздействий на каждом уровне деления, а также генерировать варианты множественных технологических воздействий на каждый функциональный элемент изделия, соответствующим особенностям формирования эксплуатационных свойств на каждом уровне функциональных элементов. Применение итеративной стратегии обработки информационных потоков на всех этапах разработки технологии содействует оптимизации выбора технологических воздействий на соответствующий функциональный элемент изделия. Выбор технологических воздействий на функциональные элементы согласуется с действием на них эксплуатационных функций и установленными критериями качества обработки или изготовления соответствующих функциональных элементов.

Основные составляющие этапов проектирования технологического процесса и анализ структурных элементов изделия. На первом этапе проектирования технологического процесса составляем общую схему технологического процесса восстановления шеек коленчатых валов на основе ФОДП и отделочной обработки:

- мойка коленчатого вала;
- дефектовка коленчатого вала;
- восстановление дефектов шеек коленчатого вала, не связанных с нанесением

ФОДП;

- подготовка поверхности шеек коленчатого вала к нанесению ФОДП;
- нанесение ФОДП на шейки коленчатого вала;
- отделочная обработка ФОДП на шейках коленчатого вала.

На втором этапе проектирования технологического процесса осуществляем деление коленчатого вала на иерархические уровни [15].

На рис. 1 изображена иерархическая структура 1-о уровня деления коленчатого вала (уровень изделия) на функциональные элементы, построенная на базе рассмотрения частей коленчатого вала и их исполнительных поверхностей.

Параметры технологического процесса, схема реализации технологических воздействий и обеспечение свойств коленчатого вала и его функциональных элементов связаны с имеющими место и задаваемыми эксплуатационными функциями.

В качестве примера рассмотрим отдельные технологические вопросы и общие подходы к их решению на каждом из уровней деления коленчатого вала на функциональные элементы.

На 1-м уровне деления коленчатого вала на функциональные элементы контролируется допустимый изгиб коленчатого вала, влияющий как на долговечность эксплуатации коленчатого вала в целом, так и правильную шлифовку коренных и шатунных шеек в частности, и реализуется правка коленчатого вала.

На 2-м уровне – контролируется наличие трещин в коленчатом вале по галтелям между шейками и щеками и в соответствующих случаях реализуются операции разделки и наплавки трещин. Наличие трещин, не подлежащих устранению, служит основанием для выбраковки коленчатого вала.

На 3-м уровне – определяются и реализуются технологическая подготовка шеек коленчатого вала к нанесению ФОДП и его нанесение адекватной толщины, что связано с выбором различных составляющих технологического процесса восстановления шеек коленчатого вала, в том числе: соответствующих способов, технологических приемов и оборудования, а также рабочих материалов.

На 4-м уровне – определяется и реализуется технологическая структура построения ФОДП в части взаиморасположения, формы и соотношения площадей износостойкого и антифрикционного участков ФОДП, влияющая на его физико-механические и эксплуатационные свойства.

На 5-м уровне – определяются и реализуются технологические приемы и режимы нанесения износостойкого и антифрикционного участков ФОДП, что также связано с различием физико-механических и других соответствующих свойств материалов, используемых для формирования этих участков.

На 6-м уровне – определяются и реализуются технологические схемы и приемы построения формы и взаимного перекрытия единичных пятен поверхностных слоев износостойкого и антифрикционного участков ФОДП, что существенно влияет на формирование физико-механических и эксплуатационных свойств участков ФОДП, в частности, на когезионные свойства.

На 7-м уровне – определяются и реализуются чистовая и отделочная обработка шеек коленчатых валов. В зависимости от припусков на обработку в качестве чистовой обработки могут быть использованы токарная обработка и шлифование. Отделочная обработка может включать полирование шеек абразивной лентой.

Иерархическая структура функциональных элементов коленчатого вала относится ко 2-му уровню деления (уровень частей).

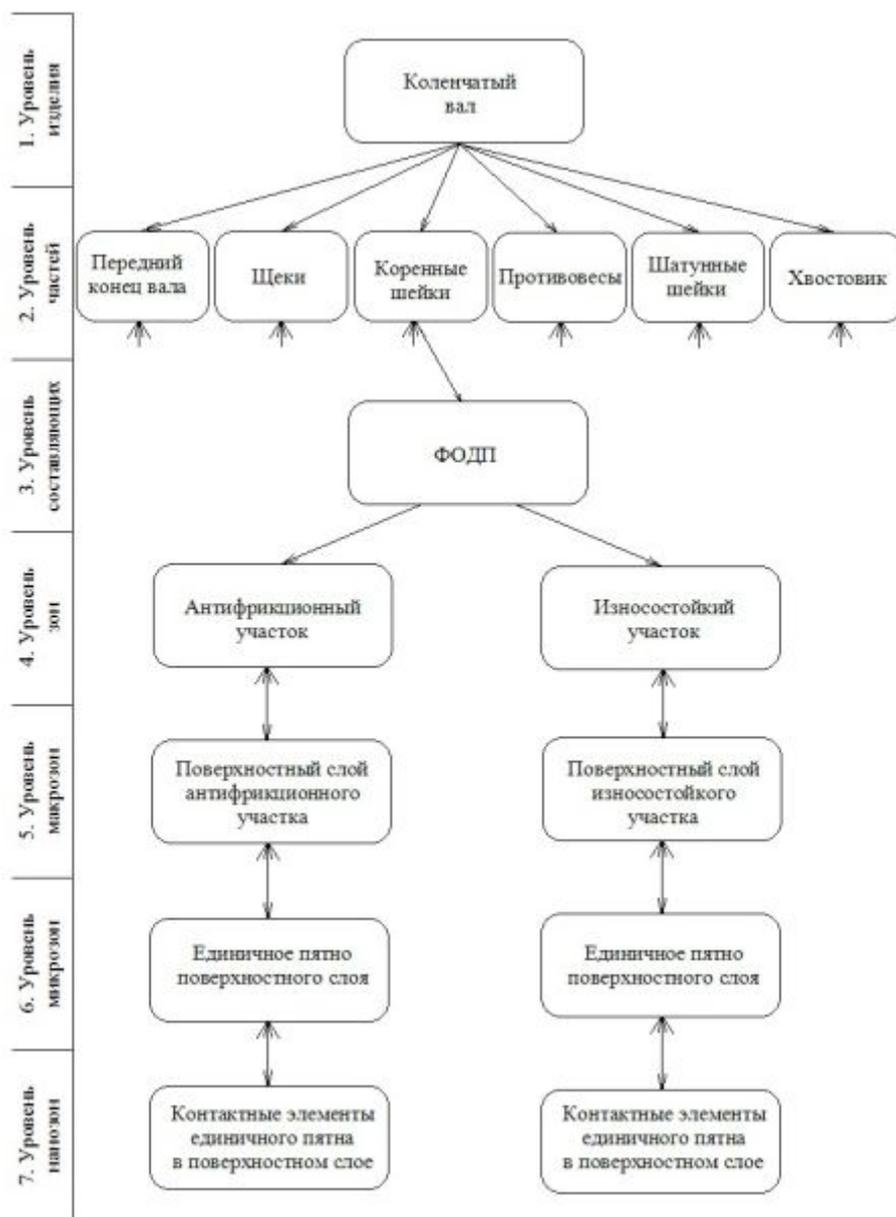


Рис. 1. Иерархическая структура коленчатого вала по уровням деления на функциональные элементы

Составные элементы и характеристики термодинамических показателей технологических воздействий на функциональные элементы во всех уровнях различны, но взаимосвязаны и имеют общее влияние на формирование конечных физико-механических, эксплуатационных и других свойств как самих функциональных элементов, так и самого изделия в целом. Формирование свойств на каждом уровне происходит при воздействии на соответствующие функциональные элементы коленчатого вала различных внутренних и внешних технологических функций,

предопределяемых выбором способов технологических воздействий, приемов и режимов, а также инструмента и материалов. Внутренние функции по уровням глубины технологии, например, при нанесении ФОДП определяются, взаимосвязями, возникающими при его формировании, а также эксплуатационными функциями, воздействующими на каждый из функциональных элементов ФОДП. Внешние функции при нанесении ФОДП определяются факторами, связанными с составляющими реализации технологии детонационного напыления, в том числе: конструкторско-технологической адаптацией блоков и узлов детонационного оборудования; режимами напыления, парусностью и размерами частиц порошковых материалов; составом рабочих газов; скоростью и температурой двухфазного потока продуктов детонации; глубиной загрузки порошка и дистанцией нанесения покрытия. Различные или изменяющиеся условия формирования участков и слоев покрытия, их взаимное влияние на свойства друг друга требует, как минимум, изменение технологических режимов в процессе нанесения каждого конструкционного слоя покрытия.

Совокупность технологических воздействий на функциональные элементы изделия, связанная с наличием обязательных и устанавливаемых ограничений, условий и критериев, определяет их качество, достигаемое на каждом уровне деления функциональных элементов. Эксплуатационные и другие свойства, обеспеченные на каждом уровне деления функциональных элементов, взаимозависимы как от характера технологических воздействий на этом уровне, так со всеми иными свойствами, полученными на других уровнях. Изменение свойств функциональных элементов на соответствующем уровне их деления влияет на выбор способов и параметров технологического воздействия на функциональные элементы других уровней.

На рис. 2 изображена иерархическая структура 3-го уровня деления (уровень составляющих), в которой при делении на функциональные элементы по уровню глубины технологии в качестве изделия рассматривается ФОДП. На всех уровнях построения функциональных элементов ФОДП, не отнесенных к уровню изделия, технологическое воздействие на формируемое покрытие согласуется со свойствами напыляемых порошковых материалов, с режимами работы установки и технологическими параметрами детонационного напыления. Обеспечение качественных эксплуатационных и физико-механических характеристик формируемого покрытия связано с соответствующими технологическими параметрами процесса нанесения покрытия, например, с дистанцией напыления порошкового материала и величиной его единичной дозы. При этом каждый уровень технологического процесса, по мере приближения к уровню изделия, имеет свои дополнительные технологические параметры.

На 1-м уровне деления ФОДП по уровню глубины технологии технологическое воздействие на функциональные элементы реализуется в зависимости от выбора методов, инструмента и режимов отделочной обработки. Методы, инструмент и режимы отделочной обработки связаны со свойствами участков, формирующих ФОДП.

На 2-м уровне – технологическое воздействие на функциональные элементы реализуется посредством установления соотношения площадей и геометрических форм функциональных участков детонационного покрытия. Выбор соотношения площадей и геометрических форм функционально-ориентированных участков согласуется с физико-механическими, эксплуатационными и другими свойствами этих участков.

На 3-м уровне – технологическое воздействие на функциональные элементы реализуется, например, обеспечением способа формирования конструктивных слоев, повышающего равномерность их нанесения.

На 4-м уровне – технологическое воздействие на функциональные элементы

реалізується з метою формування форми єдиного пляна напылення (кругле, овальне, трикутне, квадратне), що пов'язано не тільки з формою відповідного конструктивного шару участку, але і з його експлуатаційними і фізико-механічними властивостями.

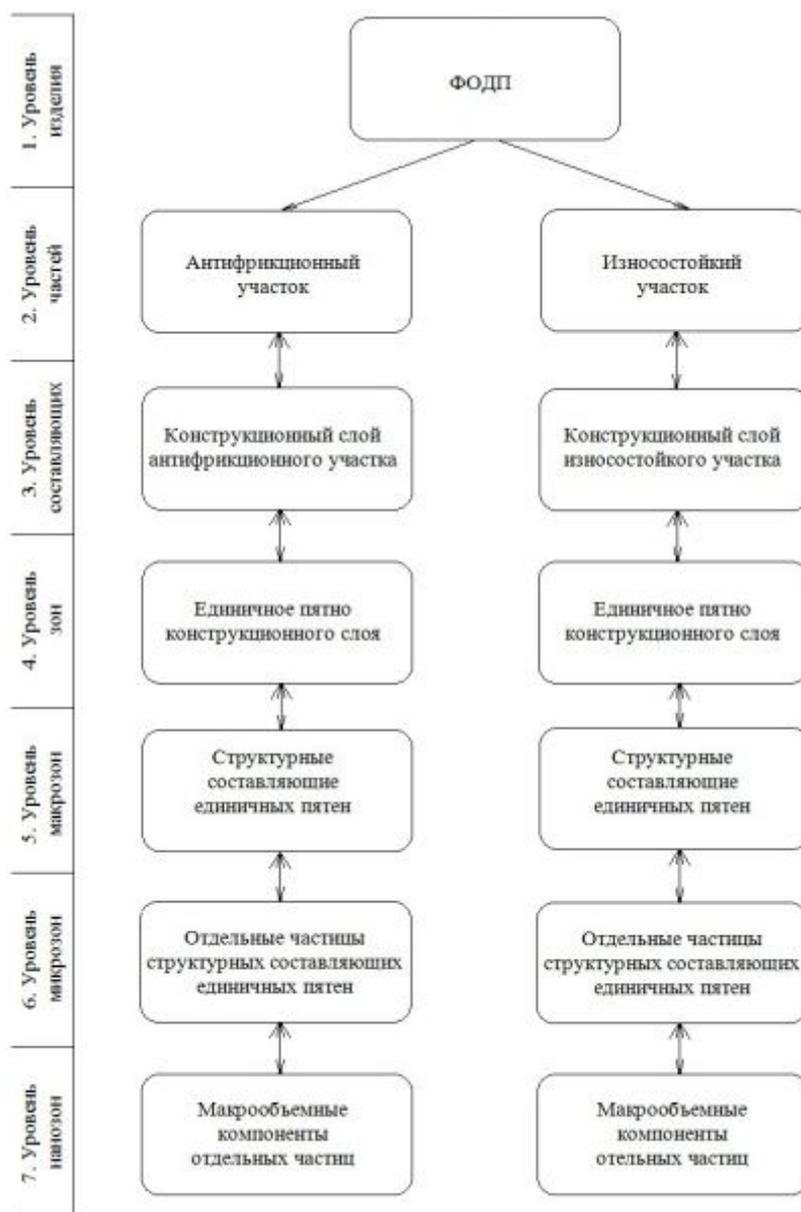


Рис. 2. Иерархическая структура функциональных элементов ФОДП по уровням глубины технологии

На 5-м уровне – технологическое воздействие на функциональные элементы реализуется посредством перераспределения частиц в истекающем двухфазном потоке

продуктов детонации. Необходимость в таком перераспределении связана, в том числе, с увеличением количества и объема пор в структурной зоне единичного пятна, приближенной к периферийной зоне его формирования, что обусловлено снижением скорости и температуры двухфазного потока продуктов детонации и порошкового материала за счет его пограничного трения об охлаждаемые стенки ствола детонационной установки.

На 6-м уровне – технологическое воздействие на функциональные элементы дополняется технологическими приемами, связанными с технологическим воздействием на отдельные частицы структурных составляющих единичных пятен, например, подготовка поверхности единичных пятен перед нанесением последующего пятна покрытия.

На 7-м уровне – технологические воздействия на функциональные элементы реализуются путем согласования химического и гранулометрического состава порошкового материала, состав рабочего газа, дистанции нанесения покрытий, энергетическими показателями работы детонационной установки. Химический и гранулометрический состав порошкового материала, скорость и температура нагрева его частиц влияют на формирование наноструктур в формируемом детонационном покрытии. Состав рабочего газа влияет на образование оксидов, карбидов, нитридов и других соединений на наноструктурном уровне.

На третьем этапе проектирования технологического процесса, используя итеративный подход и особые принципы проектирования новых технологий [16], проводим исследования и из всего рассматриваемого подмножества технологических воздействий на функциональные элементы осуществляем выбор необходимых технологических воздействий и их параметров, на основе чего синтезируем технологический процесс восстановления шеек коленчатых валов.

Выводы. Использование ФОМ применительно к разработке технологии восстановления шеек коленчатых валов позволяет структурировать анализ функциональных элементов коленчатого вала и сформировать необходимые технологические воздействия на каждый функциональный элемент, а также эффективно способствует разрешению операционных и структурных задач, связанных с синтезом технологического процесса.

Использование предлагаемого поэтапного алгоритма синтеза технологического процесса для восстановления шеек коленчатого вала более продуктивно при одновременном осуществлении самой разработки и проведении соответствующих исследовательских работ. Реализации рассматриваемого алгоритма стратегии ФОМ содействует проектированию качественного технологического процесса.

Деление изделия на функциональные элементы по уровням глубины технологии, проектирование технологического процесса в три рассмотренных этапа, итеративный подход к выбору требуемого из подмножества операций при синтезе технологического процесса, эффективно содействуют выбору использования средств, приемов и методов обеспечения технологического воздействия на функциональные элементы изделия в процессе их обработки.

Список использованных источников

1. Замятин, Ю.П. Разработка научных основ и инженерных методов обеспечения контроля надежности транспортных триботехнических систем [Текст] / Ю. П. Замятин, Л. А. Замятина, А.Ю. Замятин // Трение и износ. – 1996. – Т. 17. – № 2. – С. 255–258.

2. Агузаров, В. О. Усталостная прочность и износостойкость коленчатых валов двигателей рудничного транспорта [Текст] / В. О. Агузаров, И. Д. Мурзаев. – Владикавказ: СКГТУ, изд-во «Терек», 2001. – 203 с.

3. Гурвич, И. Б. Эксплуатационная надежность автомобильных двигателей [Текст] / И.Б. Гурвич, П. Э. Сыркин, В. И. Чумак. – М. : Транспорт, 1994. – 144 с.
4. Григорьев, М. А. Обеспечение надежности двигателей [Текст] / М. А. Григорьев, В.А. Долецкий. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 324 с.
5. Гальванические покрытия в машиностроении [Текст] : справочник / под ред. М.А. Шлугера. – М. : Машиностроение, 1985. – Т. 1 – 240 с.
6. Станчев, Д. И. Детонационное напыление – наиболее перспективный метод восстановления коленчатых валов ДВС [Текст] / Д. И. Станчев, В. К. Фролов, А. В. Чудинов // Автомобильная промышленность. – 2007. – № 10. – С. 30.
7. Свищев В. И. Восстановление коленчатых валов тракторных дизелей детонационным напылением в условиях сельскохозяйственных ремонтных предприятий [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Свищев В. И. – М.: МИИСХП, 1985. – 16 с.
8. Зверев, А. И. Детонационное напыление покрытий [Текст] / А. И. Зверев, С.Ю. Шаривкер, Е. А. Астахов. – Л. : Судостроение, 1979. – 232 с.
9. Баргенов С. С. Детонационные покрытия в машиностроении [Текст] / С. С. Баргенов, Ю.П. Федько, А. И. Григоров. – Л. : Машиностроение, 1982. – 215 с.
10. ГОСТ 28076–1989 Газотермическое напыление. Термины и определения [Текст] – Введ. 1990–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 16 с. : ил.
11. Михайлов, А. Н. Повышение износостойкости пары трения за счет функционально-ориентированных покрытий [Текст] / А. Н. Михайлов, М. Г. Петров, В. В. Головятинская, А.М. Петров // Les problèmes contemporains de la technosphère et de la formation des cadres d'ingénieurs. Recueil des exposés des participants de la VI Conférence internationale scientifique et méthodique sur l'île de Djerba du 11 au 18 octobre 2012. – Donetsk: UNTD, 2012. – P. 196–199.
12. Михайлов, А. Н. Функционально-ориентированные детонационные покрытия [Электронный ресурс] / А. Н. Михайлов, В. В. Головятинская, А. М. Петров, М. Г. Петров // 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.
13. Михайлов, А. Н. Исследование особенностей функционально-ориентированных детонационно-газовых покрытий [Текст] / А. Н. Михайлов, А. М. Петров, В. В. Головятинская, М. Г. Петров // Прогресивні технології і системи машинобудування : Міжнародний зб. наук. пр. – Донецьк: ДонНТУ, 2013. – Вип. 1, 2 (45). – С. 181–186.
14. Mikhaylov, A. Expediency of the use of technology detonation spaying for forming coverages from polymeric materials [Электронные ресурсы] / A. Mikhaylov, A. Petrov, V. Holoviatynska , M. Petrov, I. Petruyaeva // International Journal of Innovation and Information Manufacturing Technologies, SHEI – Donetsk : DNTU, 2015. – № 2. – P. 30–33.
15. Михайлов, А. Н. Основы синтеза функционально-ориентированных технологий машиностроения [Текст] / А. Н. Михайлов – Донецк : ДонНТУ, 2009. – 346 с.
16. Ступницкий, В. В. Концептуальные особенности проектирования объектно-ориентированных и функционально-ориентированных технологий машиностроения [Текст] / В.В. Ступницкий // Машиностроение и техносфера XXI века : Сб. тр. XX международной научно-технической конф. в г. Севастополе 16-21 сентября 2013 г. В 3-х т. – Донецк: ДонНТУ, 2013. – Т. 3. – С. 55–60.
17. Михайлов, А.Н. Дискурсивное развитие стратегии функционально-ориентированного метода разработки технологических процессов в машиностроении [Текст] / А. Н. Михайлов, А.Т. Циркин, А. М. Петров, В. В. Головятинская, М. Г. Петров // Прогрессивные технологии и системы машиностроения : Международный сб. науч. тр. – Донецк: ДонНТУ, 2015. – № 2 (52). – С. 126–135.

References

1. Zamyatin, Y. (1996). *Razrabotka nauchnykh osnov i inzhenernykh metodov obespecheniya kontrolya nadezhnosti transportnykh tribotechnicheskikh sistem*. [Development of the Scientific Basis and Engineering Methods to Control Reliability of Triboengineering Systems]. *Treniye i iznos [Friction and Wear]*, (2), 255–258. [in Russian].
2. Aguzarov, V. (2001). *Ustalostnaya Prochnost i iznosostoikost kolenchatykh valov dvigateley*

rudnichnogo transporta [Fatigue Strength and Wear Resistance of Crankshafts of Mining Transport Engines]. Vladikavkaz : SKGTU Terek. [in Russian].

3. Gurvich, I. (1994). *Ekspluatatsionnaya nadezhnost avtomobilnikh dvigatelei*. [Operational Reliability of Car Engines]. Moscow : Transport. [in Russian].

4. Grigoriev, M. (1978). *Obespecheniye nadezhnosti dvigatelei* [Engine Reliability Provision]. Moscow : Izdatelstvo Standartov [Publishing House of Standards]. [in Russian].

5. *Galvanicheskiye pokrytia v mashinostroyenii* [Galvanic Coatings in Machine Building] (1985). Moscow : Mashinostroyeniye [Engineering]. [in Russian].

6. Stanchev, D. (2007). *Detonatsionnoye napylenie – naibolee perspektivnyy metod vosstanovleniya kolenchatykh valov DBC* [Detonation Spraying as the Most Promising Method to Restore Crankshafts DBC]. *Avtomobilnaya Promyshlennost [Automotive]*, 10, 30. [in Russian].

7. Svyshechey, V. (1985). *Restoration of the Crankshafts of Tractor Engines by Detonation Spraying at Agricultural Maintenance Plants (Unpublished PhD dissertation)*. MIISHP, Moscow. [in Russian].

8. Zverev, A. (1979). *Detonatsionnoye napyleniye pokrytiy* [Coating Detonation Coating]. Leningrad : Sudostroyeniye [in Russian].

9. Bartenev, S. (1982). *Detonatsionnye pokrytia v mashinostroyenii*. [Detonation Coatings in Mechanical Engineering]. Leningrad : Mashinostroyeniye [Engineering]. [in Russian].

10. GOST 28076–1989 (1989). *Gazotermicheskoye napyleniye* [Gas-Thermal Spraying. Terms and Definitions]. Moscow: Izdatelstvo Standartov [Publishing House of Standards]. [in Russian].

11. Mikhailov, A. (2012). *Povysheniye iznosostoikosti pary treniya za schet funktsionalno orientirovannykh pokrytiy* [Raise of Wear Resistance of Friction Pair at the Expense of Functionally Oriented Coatings]. *UNTD*, 196–199. [in Russian].

12. Mikhailov, A. (2013). *Funktsionalno oriyentirovannyye detonatsionnye pokrytiya* [Functionally Oriented Detonation Coatings]. *Materialy XIV mezhdunarodnogo nauchno-practicheskogo seminara v Donetske [Paper presented at the meeting of DNTU, Donetsk]*, 3, 143–147. [in Russian].

13. Mikhailov, A. (2013). *Issledovaniye osobennostey funktsionalno-orientirovannykh detonatsionno-gazovykh pokrytiy*. [Research of Features of Functionally Oriented Detonation-and-Gas Coatings]. *Progressivnyy tekhnologii i systemy mashiobuduvannya [Progressive Technologies and Systems engineering]*, 45, 181–186. [in Russian].

14. Mikhaylov, A. (2015). Expediency of the use of technology detonation spaying for forming coverages from polymeric materials. *International Journal of Innovation and Information Manufacturing Technologies*, 2, 30–33.

15. Mikhailov, A. (2009). *Osnovy synteza funktsionalno orientirovannykh tekhnologiy mashinostroyeniya*. [Basics of Synthesis of Functionally Oriented Technologies of Mechanical Engineering]. Donetsk : DonNTU. [in Russian].

16. Stupnitski, V. (2013). *Kontseptualnye osobennosti proektirovaniya objektno orientirovannykh tekhnologiy mashinostroyeniya*. [Conceptual Characteristics of Design of Object-Oriented and Functionally-Oriented Technologies of Mechanical Engineering]. *Sbornik trudov XX mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii Mashinostroyeniye i tekhnosfera XXI veka v Sevastopole [Paper presented at the XX international meeting, Sevastopol]*, 3, 55–60. [in Russian].

17. Mikhailov, A. (2015). *Diskursivnoye razvitiye strategii funktsionalno orientirovannogo metoda razrabotki tekhnologicheskikh processov v mashinostroyenii*. [Discursive Development of the Strategy of the Functionally-Oriented Method of Development of Technological Processes in Mechanical Engineering]. *Progressivnyye Tekhnologii i systemy mashinostroyeniya: mezhdunarodniy sbornik nauchnykh trudov [Progressive Technologies and engineering systems]*, 2, 126–135. [in Russian].

Дата надходження статті до редакції : 23.12.2015

1 рецензування : 29.12.2015, прийняття в друк : 20.01.2016

Received: 2/12/15. 1 revision: 12/20/2015. Accepted: 01/20/2016

Mikhail Petrov

Donetsk, Ukraine

E-mail: tm@mech.dgtu.donetsk.ua

FUNCTIONALLY ORIENTED APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF THE CRANKSHAFT JOURNAL RESTORATION TECHNOLOGY

Application of the functionally oriented method to develop technologies allows improving of the quality of technological process development at the expense of single-level coordination of technical feasibilities and characteristics of some components, surfaces or zones of the product depending on functional features of their operation. The general principles of the functionally oriented approach with regard to the development of the crankshaft journal restoration technology based on functionally oriented detonation coatings and finishing treatment were used. According to the technological depth of crankshaft division and functionally oriented detonation coatings on its journals are made. The technological process design was examined in three given stages. The application of the functionally oriented method to develop the crankshaft journal restoration technology allows structuring of the analysis of the crankshaft functional components and forming of the necessary technological impacts on every functional component and is efficient as to solving of operational and structural tasks related to the technological process synthesis.

Keywords: functionally oriented method, hierarchical structure, crankshaft, detonation coatings, finishing treatment, operational functions.

Михайло Петров

Донецьк, Україна

E-mail: tm@mech.dgtu.donetsk.ua

ФУНКЦІОНАЛЬНО-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД ДО РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ШИЙОК КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ

Застосування функціонально-орієнтованого методу при розробці технології дозволяє полішити якість розробки технологічних процесів за рахунок порівневого узгодження технічних можливостей і властивостей окремих елементів, поверхонь або зон виробів в залежності від функціональних особливостей їх експлуатації. При виконанні роботи використані загальні принципи функціонально-орієнтованого підходу стосовно розробки технології відновлення шийок колінчастих валів на основі функціонально-орієнтованих детонаційних покриттів і обробної обробки. Виконано розподіл колінчастого вала і функціонально-орієнтованих детонаційних покриттів на його шийках на ієрархічні структури за рівнями глибини технології. Розглянуто проектування технологічного процесу в три заданих етапу. Використання функціонально-орієнтованого методу при розробці технології відновлення шийок колінчастих валів дозволяє структурувати аналіз функціональних елементів колінчастого вала і сформулювати необхідні технологічні впливи на кожен функціональний елемент, а також ефективно сприяє вирішенню операційних і структурних завдань, пов'язаних з синтезом технологічного процесу.

Ключові слова: функціонально-орієнтований метод, ієрархічна структура, колінчастий вал, детонаційні покриття, обробка обробка, експлуатаційні функції.