

**А. Н. Михайлов**<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф., **А. Т. Цыркин**<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент,  
**А. М. Петров**<sup>2</sup>, **В. В. Головятинская**<sup>2</sup>, **М. Г. Петров**<sup>1</sup>, аспирант

<sup>1</sup>Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина

<sup>2</sup>Луганский филиал кафедры ТМ ДонНТУ, г. Луганск, Украина

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

## ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ

*Рассмотрены основные положения выбора материалов для изготовления машиностроительных деталей при синтезе функционально-ориентированных технологий машиностроения, способствующие получению изделий с заданными, требуемыми и предельными свойствами. Приведен пример существующего алгоритма выбора материалов для изготовления деталей. Разработаны модели поисковых алгоритмов выбора материалов при синтезе функционально-ориентированных технологий, выполненные на базе итеративного метода и замкнутой рекуррентной структуре.*

**Ключевые слова:** функционально-ориентированные технологии, выбор материалов, поисковый алгоритм, итерационный подход, замкнутая рекуррентная структура.

**A. N. Mikhaylov, A. T. Tsyarkin, A. M. Petrov, V. V. Holoviatynska, M. G. Petrov**

### CHOICE OF THE MATERIAL TO MAKE MECHANICAL COMPONENTS

*The main regulations to choose the material to make mechanical components under the synthesis of the mechanical engineering functionally oriented technologies that favor getting of products with given, required and limit characteristics are examined. The example of the current algorithm of choice of the material to make the components is given. The models of the search algorithms to choose the material under the synthesis of the functionally oriented technologies based on the imperative method and the recurrent structural loop are developed.*

**Key words:** functionally oriented technologies, material choice, search algorithm, recurrent structural loop

#### 1. Введение

Выбор материалов для изготовления машиностроительных деталей зависит от многочисленных факторов, влияющих на возможность и целесообразность их использования в конкретном изделии. К общим требованиям выбора материалов относятся: соответствие стандартам и нормам, стоимость, технологичность изготовления деталей, обеспечение эксплуатационной надежности, долговечность работы и ремонтпригодность [1, 2].

Выбор материалов основывается на требованиях стандартов и расчетных данных, справочной и экспериментальной информации о комплексе их свойств, практическом опыте разработчика при создании соответствующих изделий, сведений, полученных в процессе эксплуатации имеющих место узлов машин, конструкций, оборудования и механизмов. При этом алгоритм выбора материалов для изготовления деталей, как правило, реализуется в следующей последовательности:

1. Изучается техническое задание на изготовление изделия.
2. Проводится анализ условий работы и возможных причин отказа деталей в процессе эксплуатации.
3. Формируются требования к материалу конкретной детали и намечаются технологические методы обеспечения этих требований.
4. По справочникам или другим информационным источникам определяются марки материалов и возможность применения упрочняющих обработок, обеспечивающих требуемый уровень конструкционной прочности, коррозионной стойкости, жаро-

© Михайлов А.Н., Цыркин А.Т., Петров А.М., Головятинская В.В., Петров М.Г.; 2016

прочности, других механических, физических или химических свойств, удовлетворяющих предъявленным требованиям к заданным, требуемым и предельным свойствам деталей. В большинстве случаев имеет место несколько конкурентоспособных марок материалов и технологических способов их обработки.

5. Оцениваются доступность и технологические свойства материалов, соответствие их конструктивной формы планируемому способу обработки детали, например, штамповке, токарной обработке, прессованию и т.п.

6. Просчитываются показатели экономической эффективности использования взаимозаменяемых материалов.

7. Осуществляется окончательный выбор материала.

Кроме того, при выборе материалов принято учитывать более широкий спектр их качественных показателей, в том числе доступность, эксплуатационная совместимость, внешний вид, экологичность, возможность утилизации, как отходов производства, так и изношенных изделий [1].

Для изготовления достаточно большого спектра деталей, прежде всего, работающих в экстремальных условиях, выбор материала – процесс сложный, зависящий от большого числа совокупных факторов, в том числе возможностей конкретного производства. Традиционный подход к выбору материалов фактически основан на структурно-параметрическом синтезе изделия [2]. В этом случае реализуется проблемно-ориентированный поиск структурного прототипа по соответствующим признакам с последующей коррекцией изготовления отдельных деталей. Коррекция может быть связана не только с отличием конструкции изделия от прототипа, но и с прогнозируемыми причинами отказа деталей в процессе их эксплуатации, технологическими возможностями имеющего место производства и другими организационно-техническими причинами. Очевидны достоинства этого подхода к выбору материалов: использование существующих прототипов и имеющей место справочной информации, несложность алгоритмических действий. Однако данный подход к выбору материалов не достаточно эффективен при синтезе функционально-ориентированных технологий (ФОТ) машиностроения, направленных на изготовление продукции, обладающие качественно новой совокупностью свойств и мерой полезности, а также специальными нетрадиционными свойствами [3, 4]. Это вызвано тем, что процесс синтеза ФОТ основывается на многопараметрических принципах, в том числе абстрагирования [5] и модульности [6]. Для создания таких видов продукции рационально осуществлять выбор материалов с применением эвристических [7], итерационных и других логически обоснованных приемов поиска решений [8].

## **2. Основные положения организации синтеза ФОТ**

Синтез ФОТ реализуется согласно структурным решениям, формируемым по определенным правилам и критериям, а также ориентированным на решение сложных технических задач и создание прогрессивных технологий нового поколения. Одним из основных этапов синтеза ФОТ является деление изделия на множество функциональных элементов по уровням глубины технологии с целью повышения качества индивидуальных зон изделия, функционально обеспечивающих соответствующие эксплуатационные показатели всего изделия. Такое деление предусматривает составление иерархических структур функциональных элементов изделия и уровней глубины технологии, соответствующих действию эксплуатационных функций и особенностям формирования их свойств. Основопологающим положением синтеза ФОТ машиностроения является использование восьми особых принципов ориентации технологических воздействий и

свойств изделия. На базе этих принципов за счет ориентации технологических воздействий потоков материи, энергии и информации обеспечиваются заданные, требуемые и предельные свойства изделий [3].

При синтезе ФОТ реализуется поисковый алгоритм обработки множества различных информационных потоков, общая структура и параметры каждого из которых находится в определенной логической взаимосвязи со всеми этапами их формирования и анализа. Алгоритм обработки информации при синтезе ФОТ базируется на замкнутой рекуррентной структуре, а также на итерационном и/или итеративном подходах к решению поставленной задачи. Выполнение работ ведется параллельно с непрерывным анализом полученных результатов и корректировкой предыдущих этапов работы. Проект при этом подходе в каждой фазе развития проходит повторяющийся цикл. Использование повторяющихся циклов позволяет при разработке технологии производить возврат процесса проектирования на предыдущие этапы и корректировать разработанную ранее структуру технологического процесса, обходить отдельные этапы проектирования, как в прямом, так и в обратном, направлении. В процессе разработки синтеза ФОТ количество и последовательность этапов разработки и, соответственно, взаимосвязанных с ними технологических подсистем может изменяться за счет уточнения применяемых технологических воздействий. Это связано с выявлением и уточнением материальных, энергетических и информационных связей между функциональными элементами изделия, влияющих на формирование конечных свойств изделия [3].

Цель данной работы – разработка моделей поисковых алгоритмов выбора материалов для изготовления машиностроительных деталей при синтезе ФОТ машиностроения.

### **3. Модели поисковых алгоритмов выбора материалов для изготовления машиностроительных деталей при синтезе ФОТ машиностроения**

Выбор материалов для изготовления машиностроительных деталей при синтезе ФОТ реализуем на базе стратегии итерационных приближений и замкнутой рекуррентной структуре. При выборе материала, прежде всего, необходимо обеспечить заданные и выявленные эксплуатационные требования, определить взаимовлияние всех факторов изготовления изделия, в том числе технологических, установить возникающие при этом противоречия и выбрать материал, при котором эти противоречия сводятся к минимуму (рис. 1). Если противоречия оказываются значительными, то возможно либо снизить, если это возможно, требования по некоторым этапам разработки, либо осуществлять поиск новых материалов и технологий изготовления деталей, обеспечивающих требуемый уровень эксплуатационных характеристик изделия.

Соответственно анализируются функциональные особенности эксплуатации изделий, выявляется структура и состав действующих эксплуатационных функций, определяется характер действия каждой эксплуатационной функции. На основе выполненного анализа определяется, какими свойствами – механическими, физическими, химическими, должен обладать материал. Формируются общие требования к материалам изделия, осуществляется выбор группы материалов, удовлетворяющих установленным и выявленным в результате анализа требованиям. В зависимости от функциональных особенностей эксплуатации изделий и установленных требований это могут быть износостойкие, коррозионностойкие, антифрикционные и другие материалы. При выборе материала необходимо ориентироваться на достижение максимальной надежности и долговечности работы изделия.

Из множества выбранных материалов отбираются материалы по способу производства – механической обработкой прокаткой, литьем, ковкой, с применением сварки, нанесением покрытий и т.д. В зависимости от физической сущности способов производства требования к материалу детали могут быть различными. Если, например, заготовку получают методом холодной штамповки, ее материал должен обладать свойствами пластичности. Для механической обработки заготовки надо, чтобы материал обладал свойствами обрабатываемости. На выбор материала влияет также тип производства. При единичном типе производства рационально изготавливать деталь резанием из проката, поэтому материал должен обладать хорошей обрабатываемостью резанием. При серийном и массовом типах производства, когда окупаются затраты на изготовление оснастки, материал должен иметь хорошие литейные свойства или обладать высокой пластичностью. Важной характеристикой, определяющей выбор материала, является технологичность [9, 10]. Технологичность – комплексное понятие, характеризующее совокупность свойств изделия, определяющих его приспособленность к достижению оптимальных затрат ресурсов при его производстве, ремонте и утилизации. Изделие можно считать технологичным, если оно не только соответствует современному уровню техники, экономично и удобно в эксплуатации, но в нем учтены и возможности применения наиболее экономичных, производительных процессов изготовления, ремонта и утилизации. С другой стороны, технологичность – понятие относительное, так как при разной программе выпуска изделия технологии изготовления и ремонта существенно различаются. Одним из показателей технологичности является возможность изготовления детали из выбранного материала в условиях данного производства. Технологичность тесно связана с другими условиями, определяющими выбор материала для изготовления машиностроительных деталей.

Конструкция детали также влияет на выбор материала и, в свою очередь, материал влияет на конструкцию детали. Так детали, получаемые из литейных, деформируемых или порошковых материалов, имеют различные конструкционные особенности.

Значительным фактором, влияющим на выбор материала, является вид применяемого оборудования. Деталь из выбранного материала можно изготовить только при наличии соответствующего оборудования.

Выбор по экономическим показателям предполагает применение более дешевых материалов при соблюдении других условий.

Выбор по трудоемкости и стоимости обслуживания изделия в процессе эксплуатации предполагает снижение затрат на его непосредственное обслуживание. Например, применение самосмазывающихся материалов или использование покрытий [11].

Существенным фактором, влияющим на выбор материала, может быть ремонтно-пригодность детали. Например, на рабочую поверхность детали, работающей в условиях интенсивного износа, наносят слой износостойкого материала. При ремонте изделия изношенный слой восстанавливается.

С развитием современного производства важным фактором является обеспечение экологической безопасности и возможность утилизации отходов, образующихся в процессе изготовления деталей и по окончании срока их работы.

Выполнение работ по выбору материалов ведется параллельно с непрерывным анализом полученных результатов и корректировкой предыдущих этапов работы. Поиск оптимального решения в каждой фазе процесса проходит повторяющийся цикл, что позволяет своевременно производить его возврат на предыдущие этапы с целью контроля, уточнения и изменения ранее принятых решений, обеспечивающих взаимосвязь всех составляющих процесса выбора материала.



Рис. 1. Модель поискового алгоритма выбора материалов при синтезе ФОТ

Выбор материалов при синтезе ФОТ машиностроения неотъемлемо связан с реализацией деления изделия на уровни глубины технологии: деление изделий на функциональные элементы, реализация технологических воздействий и обеспечения

свойств изделия на соответствующих уровнях деления изделия на функциональные элементы, результативно влияющих на составление маршрута и технологического процесса изготовления изделия (рис. 2).

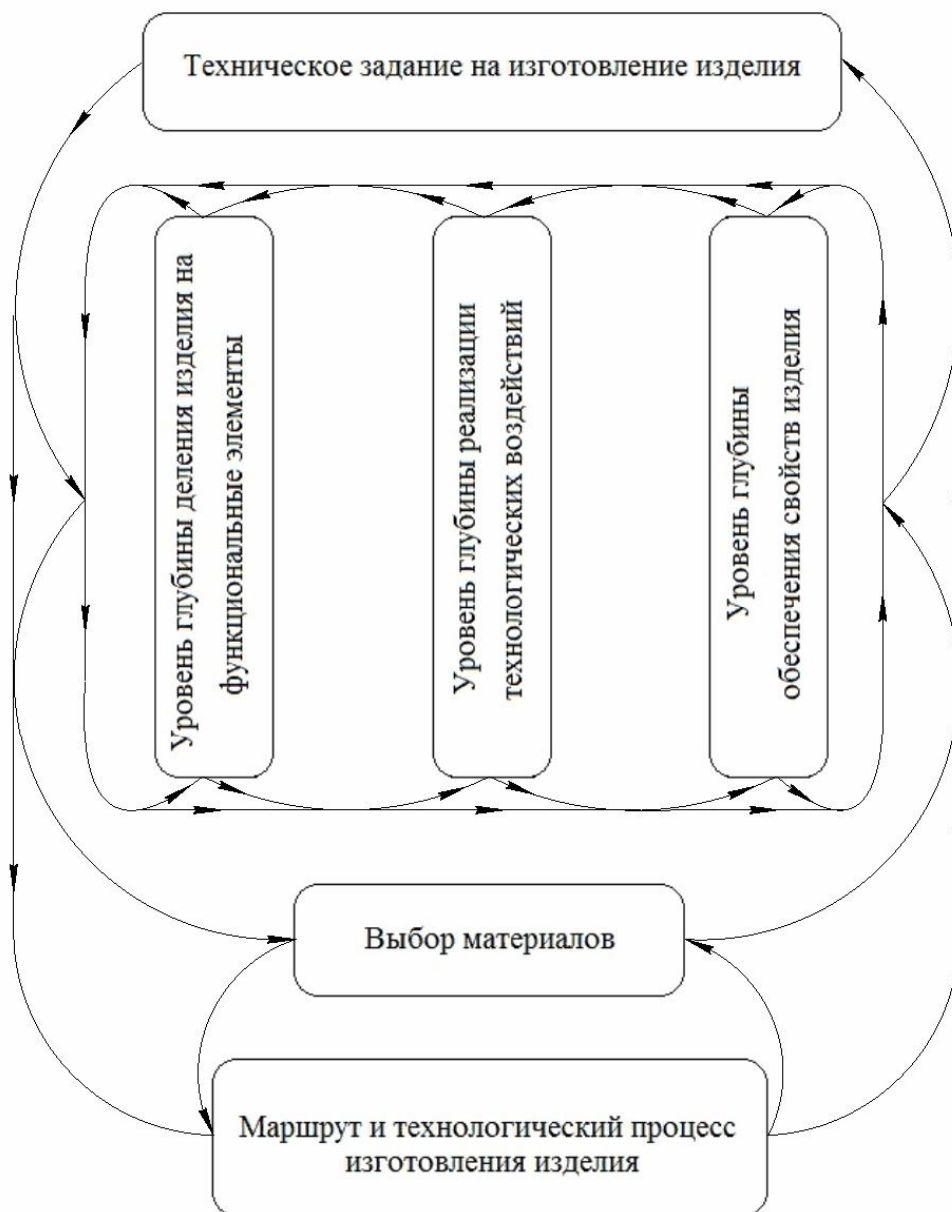


Рис. 2. Модель поискового алгоритма выбора материалов при синтезе ФОТ с учетом глубины технологии

Процесс выбора материалов в зависимости от требований технического задания на изготовление изделия может быть реализован в соответствии с иерархической структурой, сформированной с учетом значимости соответствующих положений этих требований.

#### 4. Выводы

Применение основных положений синтеза ФОТ при выборе материалов для изготовления машиностроительных деталей и их реализация на базе стратегии

итерационных приближений и замкнутой рекуррентной структуре способствует обеспечению качественно новой совокупности свойств и меры полезности изделий машиностроения.

Использование стратегии итерационных приближений и замкнутой рекуррентной структуры при построении поисковых алгоритмов выбора материалов при синтезе ФОТ для изготовления деталей машиностроения инициирует креативный подход к выполнению работы. Это особенно полезно при необходимости изготовления изделий с высокими эксплуатационными свойствами.

Выбор материалов для изготовления деталей с учетом глубины технологии способствует повышению качества конечного результата за счет углубленного и прагматичного построения анализа определяющих факторов технического задания.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гордин П. В., Росляков Е. М., Эвелеков В. И. Детали машин и основы конструирования: Учебное пособие. – СПб.: СЗТУ, 2006. – 186 с.
2. Никольс Р. Конструирование и технология изготовления сосудов давления: Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1975. – 404 с.
3. Михайлов А. Н. Основы синтеза функционально-ориентированных технологий машиностроения. – Донецк: Изд-во ДонНТУ, 2009. – 346 с.
4. Михайлов А. Н. Общие особенности функционально-ориентированных технологий и принципы ориентации их технологических воздействий и свойств изделий // Машиностроение и техносфера XXI века: Сб. науч. тр. – Донецк: ДонНТУ, 2007. – Т. 3. – С. 38–52.
5. Буч Г. Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения: Пер. с англ. – М.: Конкорд, 1992. – 519 с.
6. Михайлов А. Н. Основы синтеза поточно-пространственных систем непрерывного действия. – Донецк: Изд-во ДонНТУ, 2002. – 379 с.
7. Ильясов И. И. Система эвристических приемов решения задач. – М.: Изд-во Российского открытого ун-та, 1992. – 140 с.
8. 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.
9. Рыжкин А. А., Щучев К. Г., Климов М. М. Обработка материалов резанием. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2008. – 412 с.
10. Яновский Г. А., Генкин С. И. Методика отработки конструкций на технологичность и оценки уровня технологичности изделий машиностроения и приборостроения. – М., 1973. – 102 с.
11. Михайлов А. Н., Михайлов Д. А., Грубка Р. М., Петров М. Г. Повышение долговечности деталей машин на базе функционально-ориентированных покрытий // Научно-технические технологии в машиностроении. – М.: Машиностроение, 2015. – № 7 (49). – С. 30–39.

Поступила в редколлегию 14.05.2016