

МАШИНОВЕДЕНИЕ И МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621.9.04:530.1(075.8)

АВТОРСКАЯ НАУЧНАЯ ДИСЦИПЛИНА «ОСНОВЫ СИСТЕМОЛОГИИ И СИНТЕЗА СПОСОБОВ ФОРМООБРАЗУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ»

канд. техн. наук, проф. А.И. ГОЛЕМБИЕВСКИЙ
(Полоцкий государственный университет)

Предложена авторская научная дисциплина для конструкторско-технологических специальностей на основе фундаментальных положений монографии [6], посвященной системологии способов формообразующей обработки в машиностроении. Показано, что любой способ формообразующей обработки независимо от метода воздействия на материал заготовки, вида используемой при этом энергии и количества энергетических источников характеризуется со стороны целостности как относительно обособленное, виртуальное техническое решение из совокупности всех известных способов, объединенных обшей, пионерной целью: со стороны функции – как процесс формообразования реальных поверхностей заданной формы и размеров с определенными физико-механическими свойствами; со стороны структуры – как множество целесообразно связанных элементов (приемов), их последовательности и правил выполнения. Проанализирована на языке теории множеств геометрическая интерпретация воспроизведения реальных поверхностей при формообразующей обработке. Сформулированы принципы представления способов формообразующей обработки в виде логико-математических моделей с выделением критериев их сложности. На основе следствия, вытекающего из определения понятия способа формообразующей обработки, предложена методика создания новых способов. Рассматривается реализация ряда относительно новых способов обработки резанием, признанных изобретениями, посредством функционального проектирования по функции, задаваемой соответствующим способом обработки, в кинематической структуре металлорежущих станков с механическими и с электронными связями в формообразующих группах.

Ключевые слова: авторская дисциплина, способы формообразующей обработки, системология способов, структура и функция способа, синтез способов, реализация способов в кинематической структуре металлорежущих станков.

Введение. В основу любой технологической машины, используемой для воспроизведения реальных поверхностей на деталях машин, положен один или несколько вполне определенных способов формообразующей обработки – виртуальных технических решений (технических идей), защищаемых патентами на изобретения.

Разнообразие способов формообразующей обработки является следствием множества конструкторско-технологических задач, решаемых в машиностроении, размеров и форм обрабатываемых деталей. Исторически ранее других появились способы формообразующей обработки, основанные на использовании механической энергии. Это объясняется многообразием возможных вариантов движений заготовки и инструмента, составляющих движения формообразования. Во второй половине XX столетия в технологии материалобработки классические способы, основанные на механическом воздействии на твердое тело, дополняются способами, основанными на других физических и химических явлениях. К настоящему времени в теоретической технологии сформировался значительный массив – поле ветвящихся виртуальных путей эволюции способов формообразующей обработки, отдельные группы которых можно использовать для решения одной и той же технологической задачи.

В технической литературе понятие формообразующей обработки ассоциируется с разрушением, изменением или возникновением связей в твердом теле (заготовке) в процессе обработки. По этому признаку различают (рисунок):

- способы обработки, основанные на удалении части материала с заготовки (механическое резание, физическое, химическое, комбинированное удаление материала), $V_{изд} < V_{заг}$;
- способы обработки, основанные на формоизменении материала заготовки (различные виды литья, порошковая металлургия, пластическая деформация, и т.д.), $V_{изд} = V_{заг}$;
- способы обработки, основанные на прибавлении материала к заготовке (наплавка, сварная сборка, склеивание, послонный синтез и т.д.), $V_{изд} > V_{заг}$.

В приведенных определениях $V_{изд}$ и $V_{заг}$ – соответственно объем изделия (детали) и заготовки.

По существу в данном определении все многообразие (открытое множество) виртуальных технических решений в области формообразующей обработки на высшем иерархическом уровне состоит из трех развивающихся подмножеств способов, отличающихся принципом воспроизведения реальных поверхностей.

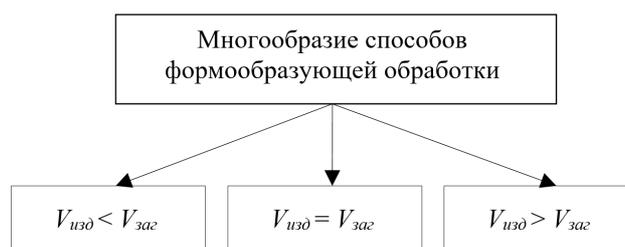


Рисунок. – Граф множества способов формообразующей обработки

Можно считать, что выбор способа решения конкретной технологической задачи из известных способов формообразующей обработки выявил тенденцию к общему анализу внутренних связей и закономерностей различных принципов, видов и способов формообразующей обработки и на этой основе к их систематизации. Однако высшая школа до настоящего времени практически не имеет обобщающих дисциплин, которые дают относительно полное представление о типологии способов формообразующей обработки в конкретной отрасли техники, соответствующей инженерной специальности.

Цель работы – разработка авторской научной дисциплины «Основы системологии и синтеза способов формообразующей обработки резанием» для конструкторско-технологических специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения» и 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства».

Основная часть. Выделим из многообразия способов формообразующей обработки, основанных на удалении части материала, способы обработки механическим резанием. Данный вид способов образует наиболее значительное, развивающееся, открытое множество способов как по количеству, так и по разнообразию вариантов среди общего многообразия способов формообразующей обработки.

В ряде научных школ [1–5 и др.] предлагались различные методы систематизации многообразия способов обработки резанием, базирующиеся на анализе частных факторов (кинематических, технологических, энергетических, конструктивных), присущих отдельным видам и способам обработки. При этом иногда способ формообразующей обработки рассматривается как аксиоматическое понятие или ассоциируется с другими понятиями: схемой резания или в общем случае схемой формообразования, технологией проведения операции и, наконец, методом обработки. Эти методы включены в учебную литературу соответствующих инженерных дисциплин. Однако, как представляется, обобщающая теоретическая концепция систематизации способов формообразующей обработки резанием независимо от формы инструмента и его характеристического образа, вида дополнительной используемой энергии и характера воздействия на заготовку возможна только на основе фундаментального системного анализа с позиций общей теории систем всего комплекса понятий в данном научном направлении. Частный пересмотр отдельных положений, замена одних неприемлемых понятий другими, механическое введение новых понятий без переосмысливания всей системы существующих воззрений не может дать объективно правильных результатов.

Руководствуясь именно этими соображениями, в монографии [6] приведена авторская концепция методологии решения указанной задачи. В этой работе, отнесенной экспертным советом Российской академии естествознания к категории фундаментальных научных изданий, предложено однозначное определение способа формообразующей обработки, адекватное понятию способа, принятого в практике научно-технической экспертизы изобретений. Показано, что способ формообразующей обработки – это виртуальная, целенаправленная техническая система, или S -система, качественная определенность которой обусловлена ее структурой и функцией. Предложен язык системно-структурного описания способов формообразующей обработки. Сформулированы принципы представления S -систем в виде логико-математических моделей (системное описание) с выделением критериев сложности и с этих позиций проведен системный анализ некоторого множества способов формообразующей обработки. Представлена методика классификации S -систем и на ее основе в качестве примера рассмотрена синергетическая модель эволюции способов обработки резанием цилиндрических зубчатых колес. Показана на конкретных примерах методика создания (синтеза) новых способов формообразующей обработки, базирующаяся на следствии, вытекающем из понятия способа обработки, и на ряде общих принципов, сложившихся в практике научно-технической экспертизе изобретений.

Одним из свойств любого способа формообразующей обработки является промышленное применение, под которым в научно-технической экспертизе изобретений понимается реализация способов обработки в соответствующих технологических машинах. Это позволяет рассматривать любой способ формообразующей обработки резанием прообразом частной кинематической структуры соответствующего металлорежущего станка. При этом логическая связь между способом формообразующей обработки и кинематической структурой соответствующего металлорежущего станка устанавливается посредством функционального проектирования, под которым понимается [7] синтез частной структурной схемы станка по закону его функционирования, задаваемому способом формообразующей обработки.

На основе материалов названной монографии в ПГУ разработана и длительное время читается студентам конструкторско-технологических специальностей 1-36 01 01 и 1-36 01 03 авторская научная (факультативная) дисциплина «Основы системологии и синтеза способов формообразующей обработки резанием». Согласно рабочему учебному плану на изучении дисциплины отводится 54 ч, в т.ч. лекции – 34 ч, самостоятельная работа студента – 20 ч. Форма текущей аттестации – зачет.

Тематический план дисциплины

Наименование темы	Лекции, ч
Тема 1. Введение в системологию	4
Тема 2. Виды способов формообразующей обработки резанием	6
Тема 3. Методика воспроизведение реальных поверхностей	4
Тема 4. Методика описания способов формообразующей обработки резанием	6
Тема 5. Методика создания новых способов формообразующей обработки резанием	6
Тема 6. Классификация способов формообразующей обработки резанием	4
Тема 7. Реализация способов формообразующей обработки резанием в кинематической структуре металлорежущих станков	4
Всего	34

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Введение в системологию

Общая теория систем и синергетика. Понятие системы. Общие сведения о системах. Наука о системах как двумерная наука. Свойства отношений в системе и экспериментальные свойства системы. Виды систем. Теория технических систем. Системология и ее место в технических дисциплинах.

Понятие способа формообразующей обработки. Способ формообразующей обработки как целенаправленная виртуальная техническая система, или *S*-система. Цель как критерий целесообразности развития многообразия *S*-систем. Формообразование реальных поверхностей посредством удаления части материала заготовки, прибавления части материала к заготовке, перераспределения материала заготовки.

Способы, или *S*-системы, формообразующей обработки резанием. Синергетическая модель целенаправленного развития множества способов обработки резанием.

Тема 2. Виды способов формообразующей обработки резанием

Пионерные и производные *S*-системы формообразующей обработки резанием. Многообразие *S*-систем как большая развивающаяся система, или надсистема. Синергетическая модель целенаправленного развития множества способов обработки резанием.

S-система формообразующей обработки резанием как объединение кинематической, энергетической, базирующей и стабилизирующей силовое воздействие подсистем. Структура и функция *S*-систем обработки резанием, их морфологическое (структурное) и функциональное описание. Организация, качественная определенность и различимость *S*-систем.

Тема 3. Воспроизведение реальных поверхностей

Форма любой детали как замкнутое пространство, ограниченное реальными геометрическими поверхностями, образованными вполне определенными способами формообразующей обработки.

Понятие о характеристическом образе инструмента (объекта, действующего на твердое тело заготовки). Мощность геометрического образа. Отображение характеристического образа инструмента в множество точек отрезка виртуальной плоской кривой. Классы воспроизведения геометрических линий (одномерных множеств).

Реальная геометрическая поверхность в произвольный момент времени как произведение двух одномерных множеств – образующей и направляющей. Геометрические классы воспроизведения реальных поверхностей. Осуществимость геометрических классов воспроизведения реальных поверхностей.

Комбинированные подклассы образования реальных поверхностей. Законченное множество геометрических классов и подклассов образования реальных поверхностей.

Влияние характеристического образа инструмента на формирование реальной поверхности.

Тема 4. Методика описания способов формообразующей обработки резанием

Методика системного описания кинематической, базирующей, энергетической и стабилизирующей силовое воздействие подсистем *S*-системы. Структура и функция подсистем. Характер связей между различными подсистемами и характеристическим образом инструмента, совмещение функций.

Понятие критерия сложности *S*-системы и его составляющие. Примеры системного описания различных *S*-систем и определение критериев их сложности.

Тема 5. Методика создания новых способов формообразующей обработки резанием

Основы синтеза способов формообразующей обработки. Следствие из понятия способа формообразующей обработки. Принцип изменения последовательности приемов. Принцип изменения правил выполнения приемов. Принцип согласования ритмов физического воздействия. Принцип совмещения обработки нескольких заготовок одним инструментом. Принцип совмещения обработки с транспортированием. Принцип использования дополнительных источников энергии. Использование названных принципов при создании новых способов формообразующей обработки на примерах из патентных источников.

Различимость способов формообразующей обработки на примерах из патентных источников.

Тема 6. Классификация способов формообразующей обработки резанием

Общая методика иерархической, многоуровневой классификации способов формообразующей обработки. Иерархические уровни классификации: вид первичного воздействия на заготовку, форма воспроизводимой поверхности, вид инструмента.

Структурный анализ, классификация и методика построения синергетической модели эволюции пионерных способов обработки поверхностей одного вида.

Критерии относительной производительности по времени формообразования и по времени циклового функционирования S -систем.

Синергетическая модель целенаправленного развития открытого множества S -систем на примере способов нарезания цилиндрических зубчатых колес по патентным источникам.

Тема 7. Реализация способов формообразующей обработки резанием в кинематической структуре металлорежущих станков

Особенности современной парадигмы познания металлорежущих станков, основанной на двух законах теоретической механики: принципе возможных перемещений, или принципе Даламбера, и принципе разветвления энергии движения в кинематических цепях.

Способ формообразующей обработки (S -система) как качественная первообразная технологической операции и частной кинематической или кинематико-компоновочной структуры технологической машины, в т.ч. металлорежущего станка.

Особенности функционального проектирования частной кинематической структуры металлорежущего станка по закону функционирования, задаваемому способом формообразующей обработки. Объединение частных структурных схем в обобщенную кинематическую или кинематико-компоновочную структуру универсального станка.

Реализация ряда перспективных S -систем, полученных на основе общих принципов синтеза способов формообразующей обработки, рассматриваемых в данной дисциплине, в кинематической структуре металлорежущих станков.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**Основная литература**

1. Голембиевский, А.И. Основы системологии и синтеза способов формообразующей обработки резанием : учеб.-метод. комплекс для студентов специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» / А.И. Голембиевский. – Новополоцк : ПГУ, 2010. – 204 с.

Дополнительная литература

2. Голембиевский, А.И. Системология способов формообразующей обработки в машиностроении / А.И. Голембиевский. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2017. – 236 с.

Заключение. В результате освоения дисциплины «Основы системологии и синтеза способов формообразующей обработки резанием» студент должен

знать:

– основополагающие понятия общей теории систем и ее частного направления – теории технических систем;

– общие принципы создания новых способов формообразующей обработки (виртуальных технических решений) на основе следствия из понятия способа формообразующей обработки;

уметь:

– пользуясь принципами теории технических систем, анализировать различные виды и способы формообразующей обработки на структурном, функциональном и сравнительном уровнях;

владеть:

– методикой сравнительного анализа и синтеза способов формообразующей обработки резанием;

– методикой функционального проектирования кинематической структуры металлорежущих станков на основе функции соответствующих способов формообразующей обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грановский, Г.И. Кинематика резания / Г.И. Грановский. – М. : Машгиз. 1948. – 200 с.
2. Коновалов, Е.Г. Основы новых способов металлообработки / Е.Г. Коновалов. – Минск : Наука и техника, 1961. – 296 с.
3. Панченко, К.П. Определение и классификация схем резания / К.П. Панченко // Изв. вузов. Машиностроение. – 1964. – № 12. – С. 132–138.
4. Этин, А.О. Кинематический анализ методов обработки металлов резанием / А.О. Этин. – М. : Машиностроение, 1964. – 323 с.
5. Лившиц, А.Л. Методика поиска новых процессов формообразования / А.Л. Лившиц // Вестн. машиностроения. – 1967. – № 9. – С. 60–64.
6. Голембиевский, А.И. Системология способов формообразующей обработки в машиностроении / А.И. Голембиевский. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2017. – 236 с.
7. Голембиевский, А. Эволюция парадигмы познания металлорежущих станков / А. Голембиевский. – Saarbrücken (Germany) : LAP Lambert Academic Publishing, 2019. – 149 с.

Поступила 07.06.2021

**AUTHOR'S SCIENTIFIC DISCIPLINE
“BASES OF SYSTEMOLOGY AND SYNTHESIS OF METHODS
OF FORM-FORMING PROCESSING BY CUTTING”**

A. GOLEMBIEVSKY

The author's scientific discipline for design and technological specialties is proposed on the basis of the fundamental provisions of the monograph [6], devoted to the systemology of methods of form-forming processing in mechanical engineering. It is shown that any method of shaping processing, regardless of the method of influencing the workpiece material, the type of energy used in this case and the number of energy sources, is characterized from the side of integrity as a relatively isolated, virtual technical solution from the totality of all known methods, combined by a common, pioneering purpose: from the side of the function – as a process of shaping real surfaces of a given shape and size with certain physical and mechanical properties: from the side of the structure – as a set of expediently connected elements (techniques), their sequence and rules of execution. The geometric interpretation of the reproduction of real surfaces during shaping processing is considered in the language of set theory. The principles of representing the methods of shaping processing in the form of logical and mathematical models with the selection of criteria for their complexity are formulated. On the basis of the corollary arising from the definition of the concept of the method of shaping processing, a technique for creating new methods is proposed. The article considers the implementation of a number of relatively new methods of cutting, recognized by inventions, through functional design according to the function set by the corresponding processing method, in the kinematic structure of metal-cutting machines with mechanical and electronic connections in the forming groups.

Keywords: *author's discipline, methods of shaping processing, systemology of methods, structure and function of the method, synthesis of methods, implementation of methods in the kinematic structure of metal-cutting machines.*