УДК 621.9.025

А.Н. Михайлов, Д.А. Михайлов,
Е.А. Михайлова

Донецкий национальный технический университет, Украина
Тел./Факс: +38 (062) 3050104; *E-mail:* tm@mech.dgtu.donetsk.ua

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

В работе приведены основные особенности и даны основные принципы создания композиционных технологий машиностроения. Разработан общий подход создания этих технологий. Он базируется на многоуровневом композиционном синтезе различных по значимости технологий на основе принципов композиции в оболочках X-уровней. Здесь количество технологий соединяемых в композиционную технологию определяется числом необходимых направлений обеспечения свойств изделия. Связи между уровнями технологий реализуются итерационно-рекуррентные. Ядром процесса проектирования этих технологий являются комбинированные или гибридные технологии, внешняя оболочка базируется на принципах функционально-ориентированных технологий, промежуточные оболочки формируются на основе различных по значимости технологий, в том числе макро-, микро- и нанотехнологий.

Ключевые слова: *качество изделий, принципы создания, функционально-ориентированный подход, композиционная технология.*

Введение

Научно-технический прогресс постоянно требует от технологов решения вопросов кардинального повышения качества изделий машиностроения, а также обеспечения качественно новой совокупности свойств и меры их полезности. Это особенно необходимо для изделий, работающих в сложных условиях эксплуатации, к которым предъявляются высокие требования к свойствам. В эксплуатационных условиях на изделия действует целое множество различных функций. Причем эти функции имеют переменные параметры действия, что в ряде случаев приводит к быстрому выводу изделия из строя и снижению эксплуатационных свойств машины или технологической системы. Это требует обеспечения изделиям машиностроения новых нетрадиционных свойств.

Применяемые в настоящее время технологии [1, 2, 3, 4] уже начинают исчерпывать свои возможности в решении вопросов обеспечения требуемых параметров технологических воздействий или качественно новой совокупности свойств изделий [5]. Это связано с тем, что существующие технологии не позволяют обеспечивать свойства изделий в зависимости от особенностей эксплуатации или в зависимости от их технического назначения. При этом в ряде случаев возникает необходимость в обеспечении свойств изделий с нетрадиционными параметрами, а именно: с изменяющимися параметрами в пространстве и/или во времени; прецизионно, особо прецизионно и супер прецизионно; на макро-, микро- и наноуровнях; в зависимости от особенностей эксплуатации изделия и действия эксплуатационных функций и тому подобными свойствами.

Также можно заметить, что существующие технологии различного назначения обычно позволяют обеспечивать свойства изделий только в одном конкретном направлении. Например, комбинированные технологии [3, 4] обеспечивают свойства изделий

в зависимости от вида методов, нанотехнологии – в зависимости от класса технологических воздействий на наноуровне [6], технологии серийного производства – в зависимости от типа производства, модульные технологии – в зависимости от организационно-технологической формы технологий [1], функционально-ориентированные технологии – в зависимости от класса организационно-технологических форм технологий [5] и так далее. Это связано с тем, что в настоящее время нет основополагающих данных для совместного применения этих технологий. Вместе с тем, только комплексное использование этих технологий дает возможность вести дальнейшее повышение качества изделий. Именно комплексное их использование позволяет обеспечивать и качественно новую совокупность свойств, и качественно новую меру полезности изделий.

Поэтому для решения этих вопросов потребны нетрадиционные подходы в создании принципиально новых технологий, позволяющих решать сложные задачи создания машин нового поколения с композицией свойств, получаемых за счет применения различных по значимости технологий [7].

Целью данной работы является повышение качества изделий машиностроения на основе специальных композиционных технологий путем разработки общего подхода их создания базирующегося на сочетании не менее двух различных по значимости технологий на основе принципов композиции, количество которых определяется числом различных направлений обеспечения свойств изделий.

В соответствии с поставленной целью в работе определены следующие задачи: выполнить анализ особенностей создания композиционных технологий; предложить общий подход их создания; разработать классификацию композиционных технологий; рассмотреть примеры технологического обеспечения композиционных технологий и дать рекомендации по их созданию. Эти задачи решаются в данной работе.

Основные особенности создания композиционных технологий

Одним из направлений создания технологий нового класса является разработка композиционных технологий. Процесс создания композиционных технологий базируется на принципах композиции различных по значимости технологий, а именно: технологий по виду методов, технологий по классу технологических воздействий, технологий по типу производства, …, технологий по организационно-технологической формам технологий, …, технологий по классу организационно-технологических форм технологий.

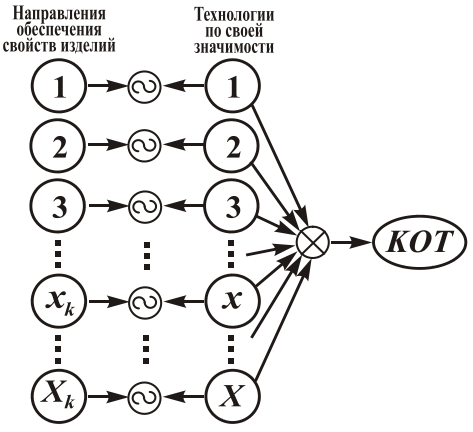

Рис. 1. Гипотетическая схема синтеза КОТ на базе бинарного соответствия направлений обеспечения свойств и технологий по своей значимости

На рис. 1 представлена гипотетическая схема синтеза композиционных технологий на базе бинарного соответствия направлений обеспечения свойств и технологий по своей значимости. Здесь показано: $1, 2, 3, ..., x_k, ..., X_k$ - номера направлений обеспечения свойств изделий; $1, 2, 3, ..., x_k, ..., X_k$ - номера вариантов технологий по своей значимости; ⊚ - знак бинарного соответствия направлений обеспечения свойств и технологий по своей значимости; ⊗ - знак композиции различных по значимости технологий. В соответствии с рис. 1 композиция структуры композиционных технологий выполняется на базе бинарного

соответствия направлений обеспечения свойств изделий и технологий по своей значимости.

Композиционная технология это не сумма нескольких технологий или их прямое соединение в единую технологию. Это нечто новое, более значимое в технологии машиностроении, позволяющее обеспечивать изделиям качественно новую совокупность свойств и меру полезности. Композиционная технология это новый класс организационно-технологической формы технологии. Процесс создания этих технологий базируются на следующих принципах композиции:

1. Совместимости структуры технологий.
2. Единства и общности структуры соединяемых технологий.
3. Способности соединяемых технологий к гибридизации.
4. Управляемости технологическими воздействиями и свойствами изделий.
5. Действия между технологиями итерационно-рекуррентных связей.
6. Способности композиционной технологии к реализации качественно новых методов технологических воздействий и принципов преобразования свойств изделий.
7. Обеспечения качественно новой совокупности свойств и меры полезности.

Рассмотрим основные особенности создания этих технологий. При этом дадим определение – что такое композиционная технология.

Композиционная технология (КОТ) – это специальная технология, структура которой образовывается сочетанием не менее двух различных по значимости технологий на основе принципов композиции, количество которых определяется числом направлений обеспечения свойств изделий.

Процесс сочетания и соединения технологий в композиционную технологию базируется на следующем множестве различных по значимости технологий (рис. 2):

1. На технологиях T_1, структурирующихся по виду методов обработки (механической, термической, химической обработки, …, комбинированной обработки).

2. На технологиях T_2, образованных по классу технологических воздействий (традиционные технологии, макро-, микро- и нанотехнологии).

3. На технологиях T_3, формирующихся по типу производства (единичное, серийное и массовое производство). …….

x. На технологиях T_x, подразделяющихся по организационно-технологической форме (единичные, типовые, групповые и модульные технологии). ..…….

X. На технологиях T_X, определяющихся по классу организационно-технологической формы технологий (обычные технологии, функционально-ориентированные технологии).

Таким образом, КОТ структурируется на множестве следующих технологий:

$$KOT = \{ T_1, T_2, T_3, ..., T_x, ..., T_X \}; \quad (1)$$

KOT – композиционная технология, состоящая из *X* технологий; T_x - *x*-я технология;

X – общее количество различных технологий (признаков).

Генерирование полного множества различных вариантов композиционных технологий можно выполнять на базе следующей морфологической матрицы:

$$КОТ = \left\| \begin{array}{ccccccc} T_{11} & (T_{12}) & T_{13} & \dots & T_{1k} & \dots & T_{1K} \\ T_{21} & T_{22} & (T_{23}) & \dots & T_{2l} & \dots & T_{2L} \\ T_{31} & T_{32} & T_{33} & \dots & (T_{3m}) & \dots & T_{3M} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ T_{x1} & T_{x2} & (T_{x3}) & \dots & T_{xp} & \dots & T_{xP} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ T_{X1} & T_{X2} & T_{X3} & \dots & T_{Xr} & \dots & (T_{XR}) \end{array} \right\| ; \quad (2)$$

где

$T_x = \{T_{x1}, T_{x2}, T_{x3}, ..., T_{xp}, ..., T_{xP}\}$ - варианты *x*-й технологии (варианты *x*-го признака);

K, L, M, …, P, …, R – мощности (количество) вариантов технологий 1, 2, 3, …, *x*, …, *X* соответственно.

Можно отметить, что каждый элемент матрицы (2) может состоять из следующих элементов или операций:

$$T_{ij} = \{t_{ij1}, t_{ij2}, t_{ij3}, ..., t_{ijg}, ..., t_{ijG}\} ; \quad (3)$$

где T_{ij} - любой элемент матрицы (2), располагающийся в *i*-й строке и *j*-м столбце;

t_{ijg} - *g*-й элемент (операция) множества T_{ij} ;

G – мощность множества T_{ij} .

Рис. 2. Схема создания композиционных технологий на базе композиции различных по значимости технологий

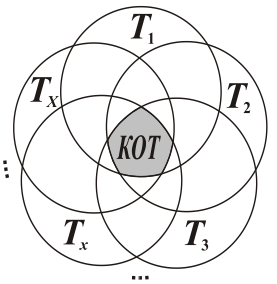

Рис. 3. Гипотетическая диаграмма образования поля принципов композиционных технологий

В морфологической матрице (2) окружностями и связями показан один из возможных укрупненных вариантов структуры композиционной технологии. Перебирая структурные варианты композиционных технологий матрицы (2) на базе морфологического подхода генерируется полное множество возможных вариантов композиционных технологий. На базе генерированного множества выполняется выбор оптимального, доминирующего или рационального варианта КОТ обработки конкретного изделия машиностроения.

Процесс образования КОТ можно рассматривать на базе гипотетической диаграммы образования поля принципов композиционных технологий, представленной на

рис. 3. Здесь на базе пересечения окружностей $T_1, T_2, T_3, ..., T_x, ..., T_X$ представляется процесс образования поля вариантов композиционных технологий. Поле композиционных технологий может быть представлено на базе пересечения различных по значимости технологий:

$$KOT = \bigcap_{x=1}^{X} T_x ; \quad (4)$$

где T_1 - принципы синтеза технологий, определяющиеся по виду методов обработки (механической обработки, термической обработки, химической обработки, …, комбинированной обработки);

T_2 - принципы технологий, образованные по классу технологических воздействий (традиционные технологии, макро-, микро- и нанотехнологии);

T_3 - принципы технологий, формирующиеся по типу производства изделий (единичное, серийное и массовое производство);

T_x - принципы технологий, подразделяющиеся по организационно-технологической форме (единичные, типовые, групповые и модульные технологии);

T_X - принципы технологий, определяющиеся по классу организационно-технологической формы технологий (обычные технологии, функционально-ориентированные технологии).

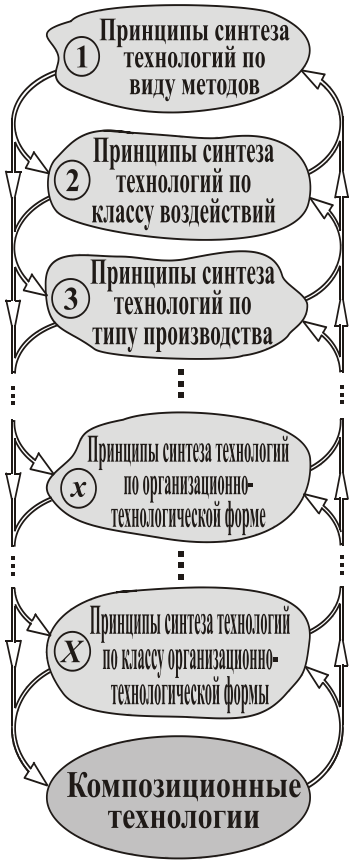

Рис. 4. Схема связей между этапами синтеза композиционных технологий

Следует отметить, что на базе гипотетической диаграммы образования поля принципов композиционных технологий, представленной на рис. 3, следует, что КОТ это не сумма нескольких технологий, а это качественно новое техническое решение – это композиция технологий. Здесь под композицией технологий понимается образование из нескольких технологий новой технологии с качественно новыми свойствами технологических воздействий орудий и средств обработки, обеспечивающих реализацию заданных, требуемых или предельных свойств изделий. Процесс образования композиционной технологии базируется на следующих закономерностях:

1. На итерационно-рекуррентных связях, действующих между технологиями и этапами проектирования.

2. На образовании при композиции технологий принципиально новых решений.

3. На определении состава композиционной технологии (количество технологий) по числу направлений обеспечения свойств композиционной технологии.

4. На формировании структуры композиционной технологии на основе структуры показателей качества изделий.

5. На процессе поэтапного проектирования композиционной технологии из нескольких различных технологий, представляемых в виде оболочек множеств особенностей проектирования этих технологий.

6. На управлении свойствами изделий на базе функционально-ориентированного подхода.

Итерационно-рекуррентные связи между этапами проектирования (технологиями) позволяют проектировать, синтезировать и корректировать композиционную технологию по всем этапам процесса. На рис. 4 представлена схема связей между этапами синтеза композиционных технологий. Использование этого подхода дает возможность выполнять синтез композиционной технологии с учетом особенностей каждой технологии, входящей в общую композицию. С помощью итерационно-рекуррентных связей (рис. 4) реализуются отношения между отдельными этапами проектирования:

1. Принципы синтеза технологий по виду методов.

2. Принципы синтеза технологий по классу воздействий.

3. Принципы синтеза технологий по типу производства. …….

x. Принципы синтеза технологий по организационно-технологическим формам технологий. …….

X. Принципы синтеза технологий по классу организационно-технологических форм технологий.

В процессе проектирования реализуется КОТ. Можно отметить, что по мере продвижения по этапам схемы рис. 4 выполняется наращивание сложности технологий от этапа к этапу. При этом на этапе *X* выполняется управление параметрами технологии, например на основе принципов функционально-ориентированной технологии.

Образование при композиции технологий принципиально новых решений можно рассматривать на основе гипотетической диаграммы образования поля новых решений (рис. 3). Принципиально новые решения формируются на пересечении известных принципов, причем это не сумма известных принципов - это принципиально новое решение. Этот процесс можно представить на базе операции, производящей из двух принципов *a* и *b* третий принцип:

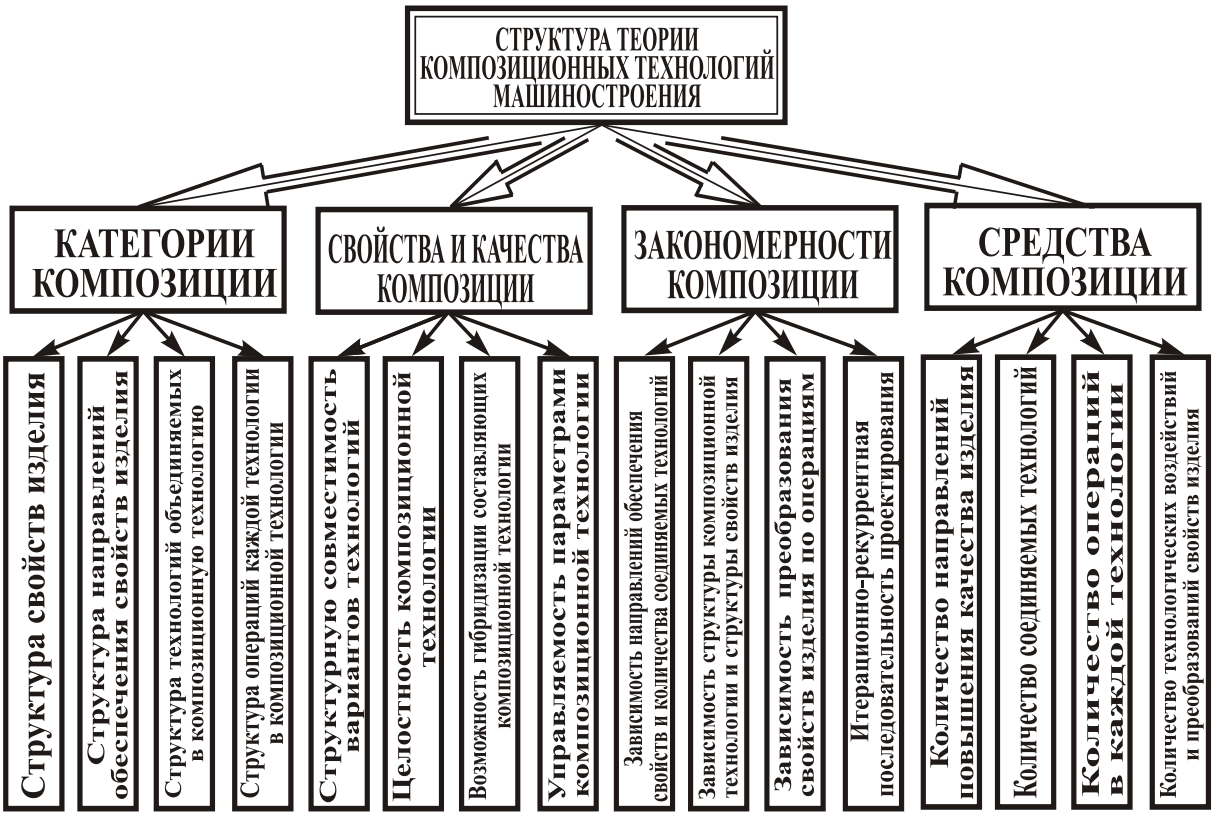

Рис. 5. Структура теории композиционных технологий машиностроения

$$c = a \otimes b;$$

$\otimes$ - знак композиции принципов *a* и *b*.

Можно отметить, что состав композиционной технологии (количество технологий) определяется по числу направлений обеспечения свойств изделий (рис. 1). Например, если нам необходимо обеспечить свойства изделия за счет сочетания различных методов технологических воздействий применяется комбинированные технологии, далее, если нам необходимо обеспечить свойства на наноуровне - применяется нанотехнология, и если необходимо обеспечивать свойства в зависимости от особенностей эксплуатации изделия - применяется функционально-ориентированная технология. Таким образом, здесь необходимы три различные технологии. Поэтому число технологий в составе композиционной технологии зависит от количества направлений обеспечения свойств изделий. В этом случае разработчик такой технологии определяет общий состав композиционной технологии в зависимости от числа направлений повышения свойств изделия.

В целом структура теории композиции технологий в композиционной технологии базируется на основании следующего (рис. 5):

1. На категориях композиции технологии.
2. На свойствах и качествах композиции технологии.
3. На закономерностях композиции технологии.
4. На средствах композиции технологии.

Композиционная технология это совокупность композиционного технологического процесса и обеспечения, которая структурируется на некоторых категориях композиции. К этим категориям композиции можно отнести следующие: структуру свойств изделия; структуру направлений обеспечения свойств изделия; структуру технологий объединяемых в композиционную технологию; структуру операций каждой технологии в композиционной технологии.

Можно отметить, что эти категории тесно связаны между собой, и они взаимно обусловлены. При этом они должны быть хорошо организованы для достижения полной гармонии всех составляющих композиционной технологии.

Композиционная технология должна иметь определенные свойства и качества композиции. К основным свойствам и качествам композиции можно отнести: структурную совместимость вариантов технологий; целостность композиционной технологии, составляемой из вариантов технологий; возможность гибридизации составляющих композиционной технологии; управляемость параметрами композиционной технологии.

Закономерности композиции композиционной технологий выступают как объективно действующие условия, отражающие особенности взаимодействия вариантов соединяемых технологий. К основным закономерностям композиции технологии можно отнести следующее: зависимость направлений обеспечения свойств и количества соединяемых технологий; зависимость структуры композиционной технологии и структуры свойств изделия; зависимость преобразования свойств изделия по операциям; итерационно-рекуррентная последовательность проектирования композиционной технологии.

Свойства изделий в композиционных технологиях достигаются с помощью особых средств. К этим средствам композиции технологий можно отнести следующие: количество направлений повышения качества изделий машиностроения; количество соединяемых технологий в композиционную технологию; количество операций в каждой

технологии; количество технологических воздействий и преобразований свойств изделия в композиционной технологии.

Можно отметить, что композиционная технология базируется на композиции структур нескольких технологий:

$$Str_k\{T, A\} = \overset{X}{\underset{x=1}{\otimes}} Str_x\{T_x, A_x\}, \quad (5)$$

где $Str_k\{T, A\}$ - структура композиционной технологии, состоящая из множества T элементов (операций) и множества A отношений (связей) на множестве T;

$Str_x\{T_x, A_x\}$ - структура x-ой технологии, состоящая из множества T_x элементов (операций) и множества A_x отношений (связей) на множестве T_x;

X - общее количество (мощность множества) соединяемых технологий в композиционную технологию.

Следует заметить, что выполняемое объединение технологий в композиционную технологию образовывает общую новую структуру технологии. При этом это не сумма структур соединяемых технологий, это новое композиционное решение структуры технологии. В композиционной технологии выполняется предварительный синтез структуры технологии, затем рекуррентный итерационный синтез и корректирование созданной первоначально структуры технологии на базе принципов и особенностей синтеза следующей технологии, потом последующей технологии и так далее. Здесь используются прямые и обратные связи между этапами проектирования композиционной технологии. При этом создается качественно новая структура технологии, и это не сумма соединяемых технологий – это композиция технологий. Композиционная технология позволяет обеспечивать изделиям качественно новые свойства по нескольким направлениям, число которых зависит от количества вариантов соединяемых по своей значимости технологий.

Общий подход создания композиционных технологий

Общий подход создания композиционных технологий основывается на ряде положений. Прежде всего, процесс проектирования композиционной технологии выполняется поэтапно на множестве параметров каждой технологии, который можно представить в виде оболочек множеств различных по значимости технологий, представленных на рис. 6. В целом общий подход в создании композиционных технологий базируется на многоуровневом проектировании структуры технологии в оболочках X уровней (рис. 6). Здесь оболочки технологий структурируются следующим образом:

1. Оболочка синтеза технологий по виду методов.
2. Оболочка синтеза технологий по классу воздействий.
3. Оболочка синтеза технологий по типу производства. ……...

x. Оболочка синтеза технологий по организационно-технологической форме. .....

X. Оболочка синтеза технологий по классу организационно-технологической формы.

Следует отметить, что между оболочками действуют итерационно-рекуррентные связи, что позволяет синтезировать и корректировать структуру композиционного технологического процесса. Итерационно-рекуррентные связи между отдельными этапами проектирования технологий позволяют, во первых - последовательно выполнять синтез структуры технологического процесса на базе всех этапов композиционных технологий, во вторых - производить возврат процесса проектирования на предыдущие этапы и корректировать разработанную ранее структуру технологического процесса, и в третьих - при синтезе технологии обходить отдельные этапы проектирования как в прямом, так и в обратном направлениях. Этот подход дает возможность вести композицию, синтезировать и корректировать композиционную технологию.

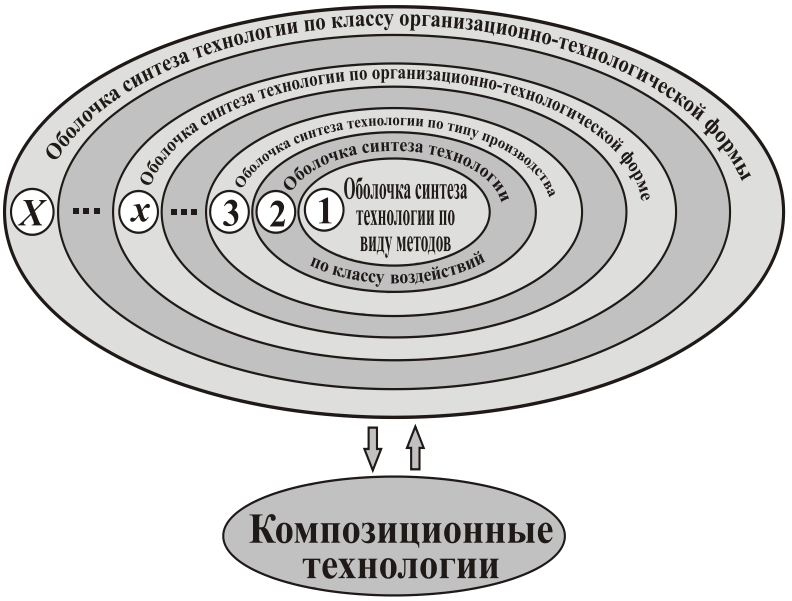

Рис. 6. Многоуровневый синтез композиционных технологий в оболочках *X* уровней

Можно заметить, что ядром процесса проектирования этих технологий являются комбинированные или гибридные технологии, внешняя оболочка базируется на принципах функционально-ориентированных технологий, промежуточные оболочки формируются на основе различных по значимости технологий, том числе макро-, микро- и нанотехнологий.

Заметим, что в оболочке первого уровня (рис. 6) выполняется синтез структуры технологического процесса на базе принципов синтеза технологий по виду методов. К этим методам можно отнести следующие: механической обработки, термической обработки, химической обработки, …, комбинированной обработки [1, 2, 3, 4]. Для реализации технологических воздействий могут использоваться различные методы обработки изделий. Однако наиболее перспективно применение комбинированных (гибридных) методов или технологий [3, 4]. Применение этих технологий позволяет обеспечивать заданные, требуемые или предельные свойства изделий машиностроения. При этом комбинированные технологии дают возможность решать вопросы повышения качества изделий за счет структуры технологического процесса. Условно этот процесс можно представить как повышение качества изделия «вширь» - по структуре технологического процесса.

В оболочке второго уровня (рис. 6) выполняется синтез и корректирование структуры разработанной ранее технологии на базе принципов синтеза технологий по классу воздействий. К этим технологиям можно отнести традиционные, макро-, микро- и нанотехнологии [6]. Здесь необходимо корректировать и дополнять разработанную ранее структуру технологии новыми операциями. Это обусловлено тем, что макро-, микро- и нанотехнологии содержат ряд дополнительных операций. Например, нанотехнологии включают следующие дополнительные операции: обеспечение особых со-

стояний вещества, синтез нового материала, размельчение материала, компактирование материала, сохранение дисперсности материала, управление свойствами материала изделия.

С помощью макро-, микро- и нанотехнологий решаются вопросы обеспечения заданных свойств изделий на каждой операции, например, комбинированного метода или с помощью комбинированных методов технологических воздействий, то есть условно можно представить как повышение качества изделия «вглубь». В этом случае дальнейшее повышение качества изделий машиностроения реализовывается более тонко и прецизионно уже на макро-, микро- и наноуровнях. На основании этого, преобразование свойств изделий должны выполняться с помощью макро-, микро- и нанотехнологий.

В оболочке третьего уровня (рис. 6) снова выполняется синтез и корректирование структуры синтезированной технологии на базе принципов, определяющихся типом производства. В этом случае разрабатываемая технология строится на основе принципов технологий единичного, серийного и массового производства. И так далее выполняется построение композиционной технологии в оболочках других уровней.

Затем, в оболочке *x*-го уровня производится синтез и корректирование структуры технологии на базе принципов организационно-технологических форм технологий, а именно: единичных, типовых, групповых или модульных технологий. И так далее строится композиционная технология на следующих уровнях проектирования.

Далее, в последней оболочке *X*-го уровня выполняется синтез и корректирование структуры композиционной технологии на базе принципов определяющихся по классу организационно-технологической формы технологий. Здесь могут быть обычные или функционально-ориентированные технологии.

Можно отметить некоторые характеристики оболочек проектирования композиционной технологии:

1-й уровень – фундамент, основа или ядро формирования структуры технологии;

x-й уровень - дополнение, уточнение, корректировка структуры на базе принципов рассматриваемой технологии;

X-й уровень – управляющая технология на базе функционально-ориентированного подхода.

Функционально-ориентированные технологии [5, 6] дают возможность вести управление свойствами изделий на различных уровнях функциональных элементов, а также позволяют полностью адаптировать изделия при изготовлении к особенностям их эксплуатации в машине или технологической системе и обеспечить заданный, требуемый или предельный их эксплуатационный потенциал. Это реализуется на базе оболочки функционально-ориентированной технологии.

В целом алгоритм синтеза композиционных технологий базируется на итерационно-рекуррентных связях. При этом на каждом этапе синтеза композиционной технологии реализуется следующие процессы: анализ изделия; синтез и корректирование структуры технологического процесса; обеспечение заданных, требуемых или предельных свойств изделия в зависимости от особенностей его эксплуатации в машине или технологической системе.

Также следует отметить, что для создания различных композиционных технологий возможно применение оболочек и других уровней. Увеличивая количество оболочек при синтезе композиционной технологии можно увеличить мощность многообразия направлений повышения качества изделий машиностроения. А также возможно ис-

ключение некоторых оболочек технологий в процессе синтеза композиционной технологии.

Классификация композиционных технологий

На рис. 7 представлены основные характеристики композиционных технологий. Они базируются на следующих параметрах: основные признаки; условия композиции; особенности композиции; свойства изделий.

Рассмотрим представленные на рис. 7 основные характеристики композиционных технологий.

Основные признаки композиционных технологий можно подразделить следующим образом: соединение технологий на базе принципов композиции; наличие нескольких различных по значимости технологий; наличие функционально-ориентированной технологии; реализация качественно новой технологии по структуре и параметрам; обеспечение новых методов технологических воздействий; обеспечение новых принципов преобразования изделий.

Можно отметить, что в данном случае процесс соединения различных по значимости технологий должен реализовываться на базе принципов композиции. Это значит, что создаваемая из нескольких технологий одна композиционная технология должна иметь качественно новую совокупность свойств, которая не является суммой соединяемых технологий. Эти свойства достигаются посредством качественно новой структуры композиционной технологии и параметров реализации технологических воздействий. При соединении нескольких технологий в композиционную технологию ее структура синтезируется в качественно новые образования. При этом количество тех-

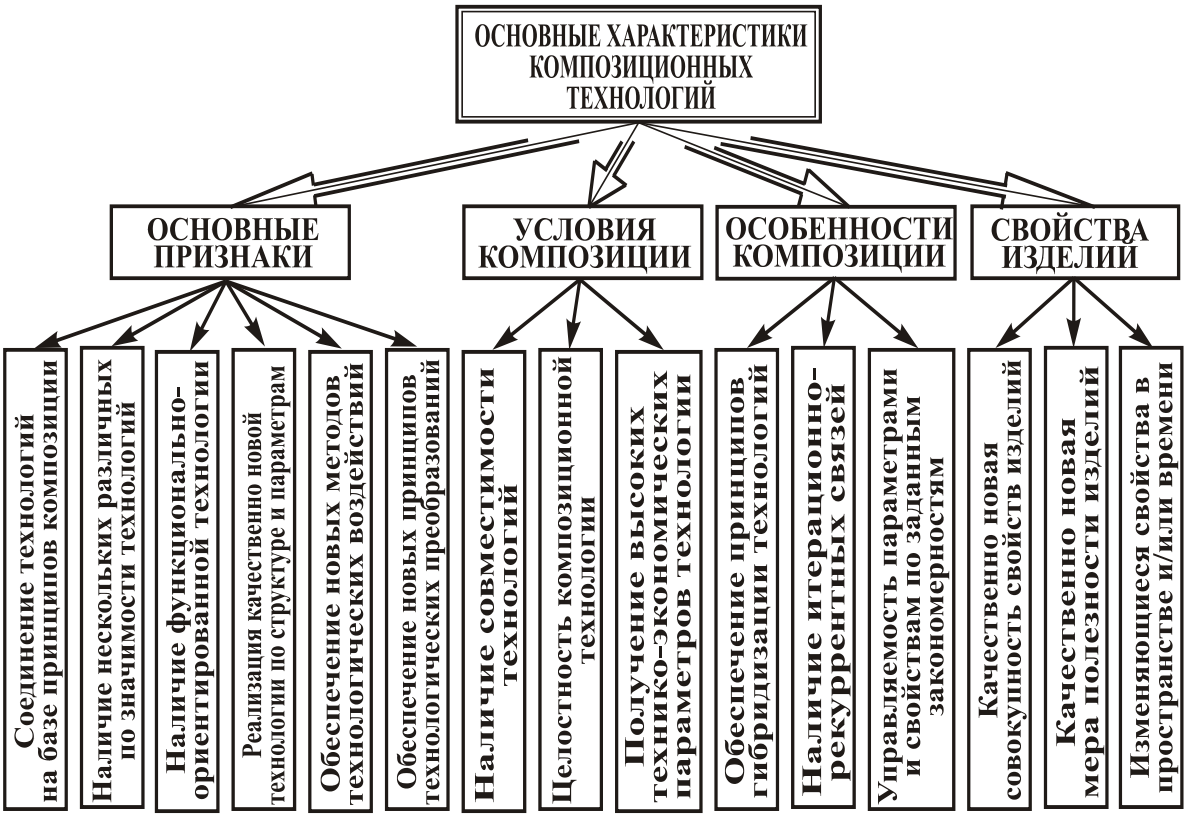

Рис. 7. Основные характеристики композиционных технологий

нологических элементов структуры может увеличиваться или уменьшаться по сравнению с общим количеством технологических элементов в соединяемых технологиях. А также могут изменяться связи между соединяемыми в композицию технологическими элементами.

Также можно отметить, что для создания композиционной технологии необходимо задействовать несколько различных по значимости технологий. С помощью различных по значимости технологий выполняется решение вопросов обеспечения свойств изделий по различным направлениям.

Композиционная технология должна иметь возможность управления свойствами изделий в зависимости от различных параметров, поэтому она должна обеспечивать изменяющиеся в пространстве и/или во времени свойства. Эти вопросы могут решаться с помощью функционально-ориентированных технологий. На базе группы особых принципов в этих технологиях выполняется обеспечение заданного, требуемого или предельного эксплуатационного потенциала изделия.

Реализация качественно новой технологии по структуре и параметрам обеспечивает новые методы технологических воздействий орудий и средств обработки на изделия. При этом выполняется обеспечение новых принципов преобразования изделий. Это основные признаки композиционных технологий.

Можно отметить, что композиция технологий выполняется на основе следующих условий: наличие совместимости технологий; целостность композиционной технологии; получение высоких технико-экономических параметров.

Прежде всего, соединение технологий в единую композиционную технологию может выполняться только в том случае, когда они совместимы между собой. В противном случае композиция технологий не получится. Поэтому это главное условие композиции технологий. При этом создаваемая композиционная технология должна быть целостной и конечно ее структура должна быть связана. Главным условием композиции технология является получение высоких технико-экономических параметров технологий.

Композиционные технологии имеют следующие особенности: обеспечение принципов гибридных технологий; наличие итерационно-рекуррентных связей; управляемость параметрами и свойствами по заданным закономерностям.

Процесс соединения технологий в композиционную технологию должен основываться на реализации принципов гибридных технологий, а именно они должны иметь помесь свойств технологий. Гибридная технология это помесь не менее двух технологий по структуре и свойствам, оказывающих взаимное влияние друг на друга, усиливающих действие каждой из них и выполняемых новыми методами, производящих преобразование свойств изделий нетрадиционными принципами, которые позволяют обеспечивать качественно новую совокупность свойств и меру полезности изделий. При этом в процессе проектирования композиционной технологии ее синтез выполняется на базе итерационно-рекуррентных связей. Это позволяет последовательно решать вопросы создания, уточнения и дополнения количества, состава и структуры композиционной технологии. Итерационно-рекуррентные связи в сочетании с принципами функционально-ориентированных технологий дают возможность управлять параметрами и свойствами изделий по заданным закономерностям.

Также следует отметить, что к основным характеристикам композиционных технологий можно отнести следующие параметры: качественно новая совокупность свойств изделий; качественно новая мера полезности изделий; изменяющиеся в пространстве и/или времени свойства изделий.

На рис. 8 представлена классификация композиционных технологий, которые подразделяются следующим образом:

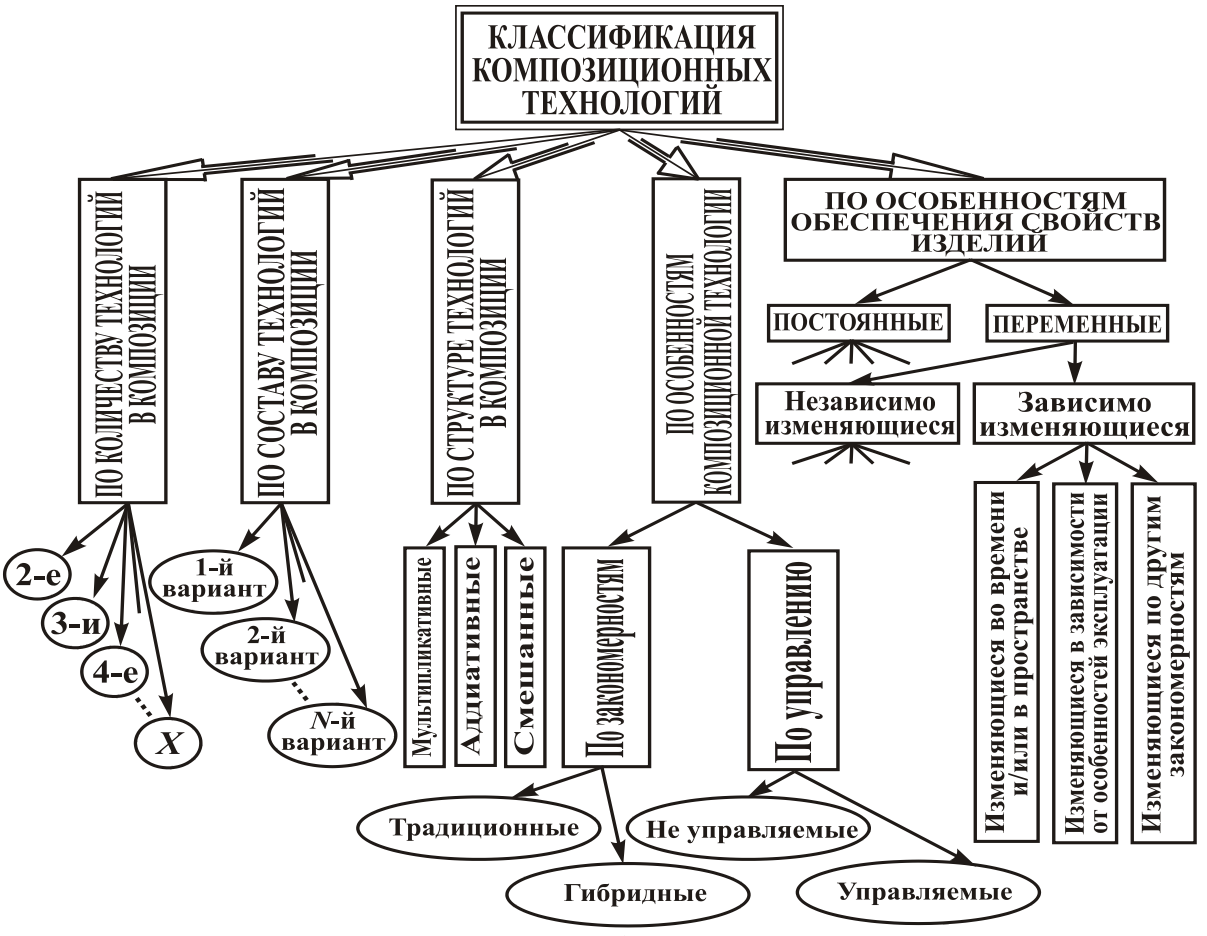

Рис. 8. Классификация композиционных технологий

- по количеству технологий в композиции;
- по составу технологий в композиции;
- по структуре технологий в композиции;
- по особенностям композиционной технологии;
- по особенностям обеспечения свойств изделиям.

Приведенная классификация позволяет решать вопросы определения структуры композиционной технологии в зависимости от необходимых технико-экономических параметров изготовления изделий.

Таким образом, приведенные характеристики позволяют выявить начальные условия проектирования композиционных технологий, а с помощью разработанной классификации определять варианты и особенности их проектирования.

Технологическое обеспечение и рекомендации

Рассмотрим пример вариантов композиционных технологий на базе 3-х компонентной схемы. На рис. 9 представлена схема 3-х компонентной композиционной технологии с вариантами технологий на 2-м уровне: на рис. 9,а – с макротехнологией; на рис. 9,б – с микротехнологией; на рис. 9,в – с нанотехнологией. На базе этих схем

структурируется композиционная технология для установки для синтеза изделий с изменяющимися в пространстве свойствами, представленная на рис. 10.

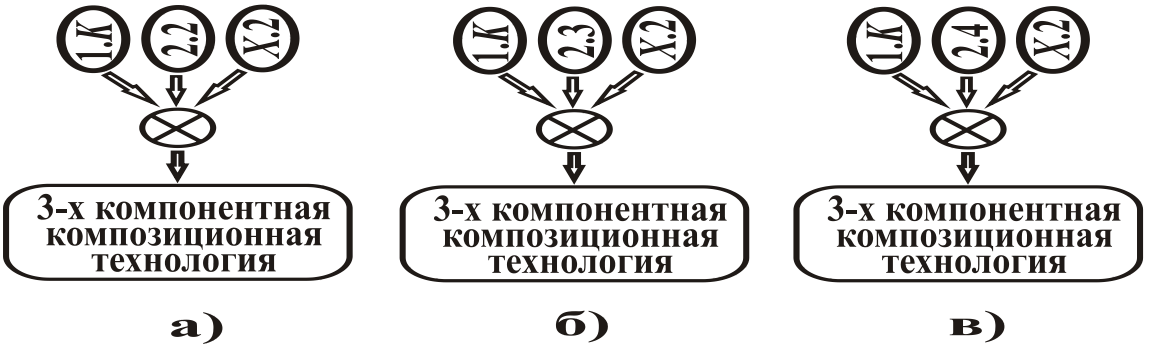

Рис. 9. 3-х компонентные композиционные технологии с вариантами технологий на 2-м уровне:
а – с макротехнологией;
б – с микротехнологией;
в – с нанотехнологией

На рис. 10 приведена принципиальная схема установки для синтеза изделий с изменяющимися в пространстве свойствами, в зависимости от особенностей их эксплуатации [8, 9]: на рис. 10,а – принципиальная схема; на рис. 10,б - изделие с изменяющимися свойствами по осям *x, y, z*; на рис. 10,в – изделие с изменяющимися свойствами в двух направлениях *x, y* и в окружном направлении φ .

Установка для синтеза изделий с изменяющимися в пространстве свойствами (рис. 10,а) состоит из синтезатора 1 имеющего охлаждающую рубашку 2, в которой циркулирует охлаждающая жидкость. Синтезатор 1 имеет осевое центральное отверстие, в котором проходит луч 3, и специальное сопло 4. Отражающее зеркало 5 предназначено для ориентирования луча 3 лазера 6. На устройстве имеется смеситель 7 кристаллического порошка (нанокристаллического порошка), на котором имеется вход 8 для подачи транспортирующей среды и входы с заслонками *К*1, *К*2, …, *Кi*, …, *Кn*, связанные с бункерами *Б*1, *Б*2, …, *Бi*, …, *Бn* кристаллических или нанокристаллических порошков с 1, 2, …, *i*, …, *n* свойствами. В смесителе 7 выполняется смешивание порошков в зависимости от необходимых свойств материала изделия 9, подача транспортирующей средой в зону 10 воздействия луча 3 лазера 6. Изделие 9 располагается на подложке 11, которые смонтированы на планшайбе 12, с возможностью продольных, поперечных и вертикальных перемещений $П_1, П_2, П_3$ и вращения B_4.

В зависимости от того какое вещество находится в бункерах *Б*1, *Б*2, …, *Бi*, …, *Бn*, а именно макро-, микро- или наноструктурный материал, выбирается одна из схем рис. 9. Это может быть композиционная технология с макротехнологией (рис. 9,а) или микротехнологией (рис. 9,б) или нанотехнологией (рис. 9,в) на 2-м уровне композиционной технологии.

Предлагаемое устройство (рис. 10) работает следующим образом.

Луч 3 лазера 5 ориентируется посредством зеркала 5 через осевое отверстие синтезатора 1, имеющего охлаждающую рубашку 2, на поверхности изделия 9. При этом в смесителе 7 выполняется смешивание различных кристаллических (нанокристаллических) порошков, имеющих различные свойства 1, 2, …, *i*, …, *n* и порциальная подача

посредством заслонок *К*1, *К*2, …, *Кі*, …, *Кп* из бункеров *Б*1, *Б*2, …, *Бі*, …, *Бп*. За счет подачи различных порошков в смеситель 7 обеспечиваются различные свойства порошка подаваемого в сопло 4 и зону 10 микро плавления на изделии 9, смонтированном на подложке 11, которая расположена на планшайбе 12. Подача смеси различных порошков выполняется транспортирующей средой через вход 8 смесителя 7.

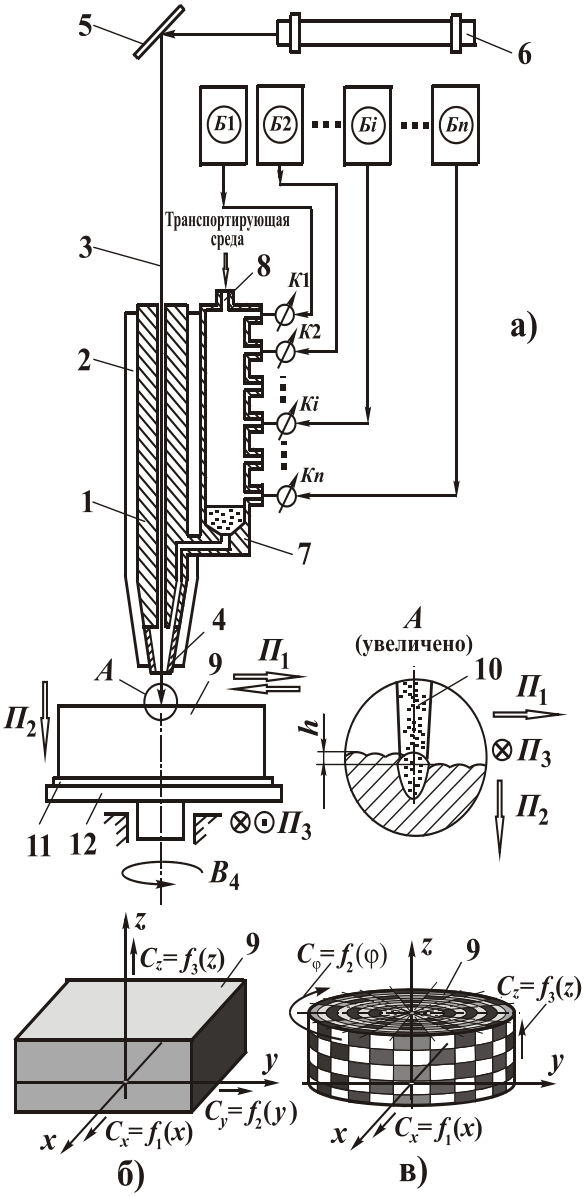

Рис. 10. Принципиальная схема установки для синтеза изделий с изменяющимися в пространстве свойствами, в зависимости от особенностей их эксплуатации: **а –** принципиальная схема; **б** - изделие с изменяющимися свойствами по осям *x, y, z*; **в** – изделие с изменяющимися свойствами в двух направлениях *x, y* и в окружном направлении φ

Посредством перемещений $П_1$ и $П_2$ выполняется трассирование всей поверхности изделия 9 и нанесение слоя материала на величину h. После нанесения слоя материала планшайба 12 вертикально перемещается в направлении $П_3$ на величину h и цикл трассирования повторяется. При этом в зависимости от пространственного расположения синтезатора 1 относительно изделия 10 выполняется подача смешанного определенным образом кристаллического порошка и микроплавка его на поверхности изделия. При этом производится синтез свойств материала в зависимости от требуемых пространственных особенностей.

Данное устройство позволяет выполнять синтез изделий с изменяющимися свойствами $C_x = f_1(x)$, $C_y = f_2(y)$, $C_z = f_3(z)$ по осям *x, y, z* (рис. 10,б), а также изготавливать изделия с изменяющимися свойствами $C_x = f_1(x)$, $C_\varphi = f_2(\varphi)$, $C_z = f_3(z)$ в двух направлениях *x, y* и в окружном направлении φ (рис. 10,в). При этом изменяющиеся свойства кристаллического порошка (нанопорошка) обеспечиваются за счет подачи в смеситель порошков с различными свойствами и вариантности смешивания порошков. В случае подачи в синтезатор нанопорошка обеспечивается компактирование изделий с наноструктурными свойствами.

С помощью устройства, представленного на рис. 10, реализуется 3-х компонентная композиционная технология (рис. 9), а именно:

- комбинированная технология;
- макротехнология (рис. 9,а) или микротехнология (рис. 9,б) или нанотехнология (рис. 9,в);
- функционально-ориентированная технология.

Структура этих технологий формируется на базе схемы рис. 4 и многоуровневого синтеза композиционной технологии в оболочках 3-х уровней, представленного на рис. 6.

Таким образом, разработанные основы синтеза композиционных технологий показывает технологам путь создания качественно новых технологий, технологий нового класса, обеспечивающих качественно новую совокупность свойств и меру полезности изделий машиностроения. Этот подход позволяет видеть взаимосвязи и применять целостность как принцип проектирования технологий нового поколения.

Заключение

Таким образом, в представленной работе разработан новый класс организационно-технологических форм технологий – композиционные технологии. Эти технологии обеспечивают качественно новую совокупность свойств и меру полезности изделий машиностроения. Выполненные исследования позволили разработать основы проектирования этих технологий, которые включают следующее:

1. В работе разработан общий подход создания композиционных технологий, базирующийся на многоуровневом композиционном синтезе различных по значимости технологий на основе принципов композиции в оболочках *X*-уровней.

2. Установлено, что количество технологий соединяемых в композиционную технологию должно определяться числом необходимых направлений обеспечения свойств изделия. При этом связи между уровнями технологий должны реализовываться итерационно-рекуррентные.

3. В работе показано, что ядром процесса проектирования композиционных технологий являются комбинированные или гибридные технологии, при этом внешняя оболочка базируется на принципах функционально-ориентированных технологий, причем промежуточные оболочки формируются на основе различных по значимости технологий, том числе макро-, микро- и нанотехнологий.

4. В работе приведены основные характеристики композиционных технологий и представлена их классификация.

5. В работе рассмотрены некоторые особенности создания композиционных технологий и даны некоторые рекомендации по их формированию.

Список литературы:

1. Базров Б.М. Модульные технологии / Б.М. Базров. – М.: Машиностроение, 2001. – 368 с.

2. Суслов А.Г. Технология машиностроения: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / А.Г. Суслов. – М.: Машиностроение, 2004. – 400 с.

3. Физико-технологические основы методов обработки / под ред. А.П. Бабичева. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 409 с.

4. Хейфец М.Л. Проектирование процессов комбинированной обработки / М.Л. Хейфец. – М.: Машиностроение, 2005. – 272 с.

5. Михайлов А.Н. Основы синтеза функционально-ориентированных технологий / А.Н. Михайлов. – Донецк: ДонНТУ, 2009. – 346 с.

6. Михайлов А.Н. Общий подход в создании функционально-ориентированных макро-, микро- и нанотехнологий для изделий машиностроения / А.Н. Михайлов // Сборник трудов XVIII международной научно-технической конференции в г. Севастополе 12-17 сентября 2011 г.: в 4-х т. – Донецк: ДонНТУ, 2011. – Т. 2. – С. 209 – 217.

7. Михайлов А.Н. Основы синтеза композиционных технологий машиностроения / А.Н. Михайлов, Е.А. Михайлова, Д.А. Михайлов // Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2011. – № 713. – С. 23 - 31.

8. Спосіб синтезу виробів: патент України на корисну модель № 57611. МПК B22A 7/02 // Михайлов О.М., Сидорова О.В. – заяв. 08.07.10, БИ №5 від 10.03.2011. - 12 с.

9. Спосіб виготовлення виробу з порошкового матеріалу: патент України на винахід №94197. МПК B22F 3/105 / Михайлов О.М., Сидорова О.В. – заяв. 05.07.10, БИ №7 від 11.04.2011. - 12 с.

Надійшла до редколегії 31.01.2012.

О.М. Михайлов, Д.О. Михайлов, О.О. Михайлова

ОСНОВНІ ОСОБЛИВОСТІ І ПРИНЦИПИ СТВОРЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ МАШИНОБУДУВАННЯ

У роботі приведені основні особливості і дані основні принципи створення композиційних технологій машинобудування. Розроблений загальний підхід створення цих технологій. Він базується на багаторівневому композиційному синтезі різних за значимістю технологій на основі принципів композиції в оболонках Х - рівнів. Тут кількість технологій що сполучаються в композиційну технологію визначається числом необхідних напрямів забезпечення властивостей виробу. Зв'язки між рівнями технологій реалізуються ітераційно-рекурентні. Ядром процесу проектування цих технологій є комбіновані або гібридні технології, зовнішня оболонка базується на принципах функціонально-орієнтованих технологій, проміжні оболонки формуються на основі різних за значимістю технологій, в тому числі макро-, мікро- і нанотехнологій.

Ключові слова: *якість виробів, принципи створення, функціонально-орієнтований підхід, композиційна технологія.*

A.N. Mikhaylov, D.A. Mikhaylov, E.A. Mikhaylova

BASIC FEATURES AND PRINCIPLES OF CREATION OF COMPOSITION TECHNOLOGIES OF ENGINEEROCHOBHЫE

Basic features over are in-process brought and basic principles of creation of composition technologies of engineer are given. General approach of creation of these technologies is worked out. He is based on the multilevel composition synthesis of different on meaningfulness technologies on the basis of principles of composition in the shells of levels. Here amount of technologies connected in composition technology determined by the number of necessary directions of providing of properties of good. Connections between the levels of technologies will be realized iteratively-recurrent. The kernel of process of planning of these technologies are combined or hybrid техно-логии, an external shell is based on principles of the functionally-oriented technologies, intermediate shells are formed on the basis of different on meaningfulness technologies, including macro-, micro- and nanotechnologies.

Keywords: *quality of wares, principles of creation, functionally-oriented approach, composition technology.*