

СИНТЕЗ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕРАТИВНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

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

Abstract: *This article gives an analysis of the characteristics of the formation of parts and maintenance of their properties on the basis of generative function-oriented technologies. It developed a complete set of possible structural variants of the 3-D synthesis components based on generative technologies. In the proposed structural and logical formulas to determine the composition and structure of the parts as they are generating. At the same time the analysis of possible ways to improve the performance of processes of generating parts with function-oriented properties.*

Key words: *conductive elements, structuring, generative technology, function-oriented properties.*

В настоящее время в промышленности, и в частности в машиностроении, начинают широко распространяться технологии синтеза деталей путем послойного добавления материала. Эти технологии получили название аддитивные технологии [1, 2], на базе которых формируется аддитивное производство (Additive Manufacturing). Одной из положительных сторон аддитивных технологий является возможность быстрого изготовления различных деталей сложной и особо сложной формы. При этом они сразу имеют форму готового изделия, не требующую дальнейшей механической обработки и удаления материала.

К методам послойного синтеза деталей и их элементов можно отнести технологии для прототипирования [3], нанесения покрытий различными методами, стереолитографии, генеративные технологии [4] и другие специальные технологии. Они позволяют выращивать и наращивать слои материала, доращивать и приращивать отдельные участки и элементы изделий, а также в ряде случаев дают возможность зарощивать зоны с вмятинами, раковинами, трещинами и тому подобными недостатками деталей.

А также к особому классу формообразования деталей можно отнести технологии прямого выращивания деталей машин и методы выращивания монокристаллов различными методами. Эти технологии позволяют решать вопросы, как трехмерного формообразования деталей, так и нормальной направленной кристаллизации деталей, а также синтеза профилированных монокристаллов для деталей машин при обеспечении высоких физико-механических свойств.

Все приведенные выше технологии позволяют решать вопросы формообразования деталей сложной и особо сложной формы посредством последовательного генерирования формы детали из составляющих производящих элементов. Здесь, имеется в виду то, что деталь дискретно выращивается или наращивается посредством точек элементарного объема, объемных линий, поверхностных слоев или реализуется одновременно вся деталь сразу. В целом эти технологии можно отнести к генеративным технологиям [4], позволяющим последовательно формировать деталь сложной формы.

В качестве производящих элементов, на базе которых можно формировать деталь, могут быть следующие составляющие:

- точка элементарного объема,
- линия элементарной площади в поперечном сечении,

- поверхностный слой элементарной толщины,
- объем (трехмерная деталь), получаемый непрерывно из поверхности или реализуемый одновременно.

Из этих дискретных производящих элементов выполняется в генеративных технологиях формирование конкретной детали любой сложной формы. При этом процесс формирования производящих элементов может выполняться: прерывисто, непрерывно, одновременно, комбинированно. В зависимости от того, каким образом и как формируется деталь, из каких производящих элементов составляется деталь, зависит скорость получения детали, а именно производительность изготовления деталей. Поэтому эти вопросы требуют дальнейшего изучения.

Процесс формирования производящих элементов и детали в целом может выполняться по следующим схемам:

1. Точка – линия – поверхностный слой – объем.
2. Линия – поверхностный слой – объем.
3. Поверхностный слой – объем.
4. Объем (одновременно).

Следует заметить, что процесс генерирования деталей из приведенных производящих элементов является многовариантным. Поэтому далее рассмотрим эти вопросы более детально. При этом производящие элементы формирующие деталь при формообразовании могут выполняться следующими методами:

- посредством простых структур процессов отверждения вещества при переходе из одного состояния вещества в другое состояние посредством полимеризации (фотомономеры), кристаллизации, аморфизации или других процессов (например: жидкое состояние – твердое состояние, газообразное состояние – твердое состояние, оплавление - отверждение и так далее);
- посредством сложных структур процессов переходов по состояниям (например: плазменное состояние – газообразное состояние - жидкое состояние – твердое состояние, твердое состояние – жидкое состояние - твердое состояние и так далее);
- посредством фазовых переходов вещества;
- посредством других процессов.

Также отметим то, что генеративные технологии, благодаря тому, что деталь последовательно формируется (выращивается) из дискретных производящих элементов, обеспечивают возможность варьирования свойств деталей, в том числе физико-механических. Эти особенности позволяют создавать любые наборы свойств деталей. При этом обеспечивается возможность реализации функционально-ориентированных свойств детали [5]. А это позволяет обеспечивать качественно новые свойства деталей любой сложной и особо сложной формы при одновременном формировании заданной пространственной структуры свойств. Все это дает возможность обеспечивать предельный эксплуатационный потенциал детали в машине или адаптировать ее при изготовлении к особенностям эксплуатации.

Для синтеза деталей на базе генеративных технологий применяются 3-D принтеры [3] и другие специальные устройства для выполнения процесса формообразования изделий [4]. При этом процессы генерирования деталей из производящих элементов обусловлены следующими проблемами:

1. Необходимостью анализа возможных структурных вариантов синтеза деталей на базе производящих элементов.

2. Генерированием полного множества возможных структурных вариантов синтеза деталей из производящих элементов и определением рациональных вариантов для конкретной детали.

3. Определением возможных путей повышения производительности при генерировании деталей.

4. Обеспечением функционально-ориентированных свойств деталей при их синтезе на базе генеративных технологий.

Целью данной работы является разработка методов структурирования деталей на базе генеративных технологий с обеспечением их функционально-ориентированных свойств.

Структурирование детали (процесс формообразования) в генеративных технологиях выполняется производящими элементами, а именно в виде производящих точек элементарного объема, производящих линий элементарной ширины в поперечном сечении, производящих поверхностных слоев элементарной толщины. Поэтому далее рассмотрим особенности формирования производящих элементов, на базе которых формируется деталь, имеющая объемную структуру.

Начнем рассмотрение производящих элементов с производящей точки – основных кирпичиков формообразования, на базе которых можно формировать деталь любой сложной и особо сложной формы. Один из вариантов генерирования деталей может быть следующим.

А именно, здесь из производящих точек формируются линии, из линий составляются поверхностные слои, а из поверхностных слоев создается деталь.

Можно отметить, что в данном случае производящая точка элементарного объема рассматривается как прямой параллелепипед. Это допущение принято на основании того, что даже в случае если линии генерируются лучом лазера и точка получается в виде цилиндра, все равно образуемая из этих точек производящая линия моделируется параллелепипедами в поверхностном слое.

Производящие линии элементарной площади в поперечном сечении могут формироваться по следующим схемам:

- - прерывисто (*П*),
- - непрерывно (*Н*),
- - единовременно (*Е*).

Можно отметить, что производящие элементы, выполненные в виде производящего поверхностного слоя, могут образовываться при движении одной производящей линии по другой производящей линии, которые называются образующей и направляющей производящими линиями. При этом заметим, что каждая производящая линия может реализовываться на базе трех схем, поэтому образуемый производящий поверхностный слой может быть многовариантен и состоять из комбинированной структуры в направлении образующей и направляющей производящих линий поверхностного слоя.

Можно отметить, что на основе генеративных технологий, за счет поэлементного формирования деталей производящими элементами (производящая точка, производящая линия, производящий поверхностный слой), можно реализовывать любые сложные и особо сложные формы деталей, которые другими методами не выполнимы. Это основные достоинства генеративных технологий. Вместе с тем, эти особенности синтеза деталей, а именно с помощью поэлементного их формирования, позволяют генерировать и любую структуру свойств деталей, в том числе и функционально-ориентированные свойства [5]. Причем эти свойства можно комбинировать в пространстве материала детали. Поэтому благодаря комбинации

генеративных и функционально-ориентированных технологий можно обеспечивать заданные, требуемые или предельные свойства деталей, в том числе и новые не традиционные свойства. А это дает возможность полностью адаптировать деталь при изготовлении к особенностям ее эксплуатации в машине или технологической системе.

Функционально-ориентированные технологии формируются на базе следующего подхода. При эксплуатации детали на нее действует множество эксплуатационных функций, на каждую поверхность воздействуют неравномерные нагрузки, каждая зона действия удельных нагрузок имеет определенные топологические параметры, при этом действующие функции имеют определенную структуру. В этих условиях для обеспечения функционально-ориентированных свойств деталей необходимо определить соответствия между эксплуатационными функциями F , технологическими воздействиями TB и свойствами C изделия. Между эксплуатационными функциями F , технологическими воздействиями TB и свойствами C изделия действуют определенные связи [6], а именно: подобия, соответствия, идентичности, аналогии, эквивалентности и адекватности. На базе этих условий строятся функционально-ориентированные технологии [5].

Параметры генеративных функционально-ориентированных свойств определяются на базе группы особых принципов ориентации свойств и технологических воздействий [6]. При этом функционально-ориентированные технологии строятся на базе этой группы особых принципов ориентации технологических воздействий и свойств деталей в зависимости от особенности их эксплуатации в машине.

Для реализации генеративных функционально-ориентированных технологий необходимо специальное технологическое обеспечение. В настоящее время уже разработаны некоторые варианты технологических систем по реализации этих технологий [5] и генерирования деталей с функционально-ориентированными свойствами. В частности, уже изготовлена установка для генерирования деталей на базе детонационных функционально-ориентированных покрытий. При этом технологические системы для формирования деталей по другим схемам будет приведено в последующих работах.

Таким образом, выполненные исследования позволили разработать множество схем для 3-D синтеза деталей на базе генеративных функционально-ориентированных технологий. А также провести анализ особенностей генерирования деталей на базе производящих элементов и рассмотреть вопросы генерирования деталей с функционально-ориентированными свойствами.

Список литературы: 1. <http://3d-expo.ru/ru/article/promishlennie-additivnie-tehnologii-ispolzovanie-v-rossiyskoy-promishlennosti> 2. <http://make-3d.ru/articles/chto-eto-takoe-additivnye-tehnologii/> 3. Groover Mikell P. Fundamentals of modern manufacturing. – New York: JOHN WILEY & SONS, INC, 2002. – 1008 p. 4. Интегрированные генеративные технологии: учеб. пособие для студ. вузов / А. И. Грабченко, Ю.Н. Внуков, В. Л. Доброскок и др. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2011. – 396 с. 5. Михайлов А.Н. Основы синтеза функционально-ориентированных технологий. – Донецк: ДонНТУ, 2009. – 346 с. 6. Михайлов А.Н., Шейко Е.А. Особенности структурирования деталей и обеспечения их свойств на базе генеративных функционально-ориентированных технологий / Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонНТУ, Вып. 2 (53), 2016. С. 59–75.