

3D-ПЕЧАТЬ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КЕРАМИКИ ПО ТЕХНОЛОГИИ LCM

Сгонов Н.М. (ООО «ЭНЕРГОАВАНГАРД», Москва, Россия)

Аннотация

Темпы внедрения аддитивных технологий на отечественные предприятия увеличиваются с каждым годом, а сами технологии становятся все более изученными и понятными. В основном это относится к изготовлению изделий из металла и пластика. Однако про аддитивное производство изделий из керамики мало кому известно в России, несмотря на то, что это направление активно развивается за рубежом и пользуется большим спросом.

Введение

Нам всем известны традиционные метода формообразования керамики, но я бы выделил 2 основных метода – это прессование и литье. У данных методов формообразования есть недостатки такие, как:

- Изготовление дорогостоящей оснастки
- Трудоемкий процесс дальнейшей механической обработки из-за свойств керамики таких как, отсутствие пластичности, высокая твердость, склонность к растрескиванию.
- Нет возможности изготавливать сложные конструкции
- Большие временные затраты на ОКР и НИОКР.

Основной целью доклада является ознакомление с технологией LCM (Lithography-based Ceramic Manufacturing) – производством изделий из керамики методом послойного синтеза, а также возможными сферами ее применения.

О технологии

Процесс изготовления заключается в следующем: CAD-модель изделия в специальном программном обеспечении разрезается на 2D-слои и отправляется в систему послойного синтеза. С помощью системы подачи материала керамическая суспензия (смесь керамического порошка и связующего на основе фотополимера) поступает в ванну, где равномерно распределяется по поверхности с помощью рекоутера. Далее платформа построения опускается в ванну до полного соприкосновения. Снизу находится проектор ультрафиолетового излучения, который выборочно засвечивает сечение CAD-модели до момента фотополимеризации суспензии. Затем платформа поднимается, суспензия заново разравнивается с помощью рекоутера, платформа построения опускается и процесс повторяется до полного выращивания изделия.

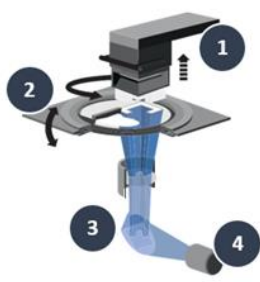


Рис.1. Принципиальная схема LCM-технологии компании Lithoz:

1) платформа построения; 2) ванна с суспензией; 3) оптическая система; 4) LED-проектор

Полученная «green-модель» в дальнейшем проходит традиционные этапы постобработки: дебайдинг (удаление связующего) и спекание для уплотнения керамических частиц и получения требуемых характеристик конечно изделия.

Экспонирование на платформу построения происходит выборочно, т.е. только по сечению CAD-модели. И экспонирование сечений CAD-моделей происходит одновременно, поэтому количество изделий на платформе не влияет на общее время построения.

Оборудование использует такое количество материала, которое необходимо для выращивания изделий. И та суспензия, которая осталась в ванне после процесса печати, может использоваться заново. И также оборудование является открытым к использованию сторонних материалов, что позволяет разрабатывать и использовать любой собственный материал, который удовлетворяет техническим требованиям.

О материалах

Суспензия представляет из себя сметанообразную консистенцию, которая стоит из керамического порошка и связующего (фотополимера). Материалы имеют широкий спектр материалов, в суспензиях используются те же порошки, что и в традиционных методах формообразования, возможны разработки специальных материалов под требования Заказчика. В доступе находятся стандартные (разработанные) материалы: оксид алюминия, диоксид циркония, нитрид кремния, двуокись кремния, трикальцийфосфат, гидроксиапатит, усиленный цирконием оксид алюминия. Материалы, которые находятся в разработке: нитрид алюминия, пьезокерамика, диэлектрическая керамика, прозрачная керамика, дисиликат лития.

Таблица 1

Некоторые характеристики стандартных материалов [1]

	Оксид алюминия	Диоксид циркония	Нитрид кремния
Прочность при 4-точечном изгибе, МПа	430	935	760
Относительная плотность, %	> 99.4	> 99.8	> 99.6
Шероховатость поверхности (Ra), мкм	≈ 0.4	< 1.0	≈ 0.7
Максимальная рабочая температура, °C	1 650	1 500	1 200

Применения

Керамические изделия находят себя во многих отраслях таких, как космическая промышленность, электроника, военно-промышленный комплекс, атомная и ядерная промышленность, авиастроение, режущий инструмент, медицина и стоматология.

Возможна печать изделий в самом высоком разрешении, где стенки изделия могут быть около 100 мкм, а отверстия около 50 мкм.

Использование керамических роторов вместо металла уменьшает силу инерции и, следовательно, уменьшает задержку. Кроме того, эти роторы подвергаются воздействию очень горячего газа и поэтому должны быть долговечны в таких условиях. Сегодня технология LCM облегчает производство крыльчаток сложной формы для повышения производительности микротурбин.

Стало возможным производство аэрокосмических и промышленных газовых турбин с помощью аддитивных технологий. Благодаря 3D-печати стержней для литья у

вас появляются следующие конкурентные преимущества: свобода проектирования, сокращение времени на производство, снижение затрат

Изготовление изделий из микро-технологического проектирования. Аддитивное производство обеспечивает решения для проектирования сложных форм твердотопливных элементов и теплообменников.

Заключение

Обработка керамики и контроль являются основными составляющими в балансе стоимости керамических изделий. По некоторым данным, стоимость исходных материалов составляет всего лишь 11 % (для металлов 43 %), в то время как на обработку приходится 38 % (для металлов 43 %), а на контроль 51 % (для металлов 14 %).

Отсутствие пластичности, высокая твердость, склонность к растрескиванию, низкая стойкость к тепловым ударам осложняют механическую обработку керамических материалов. Особенно сложно организовать процесс высокоточной обработки изделий из керамики на серийном и массовом производстве. Технология LCM позволяет уйти от трудоемкого процесса механической постобработки, что позволяет сократить как финансовые затраты, так и временные.

Основными преимуществами данной технологии является получение изделий со сложной геометрией, которые нельзя получить традиционными методами. Речь идет о сетчатых структурах, внутренних каналах и отверстиях до 0.50 мм, тонких стенках до 0.10 мм, элементов сложной конфигурации, а также достижение точности изготовления до 20-40 мкм [2]. При этом нет необходимости изготавливать дорогостоящую оснастку, что значительно снижает себестоимость продукции. В итоге время на проведение НИР и НИОКР сокращается в разы, что позволяет выводить на рынок инновационную конкурентоспособную продукцию в кратчайшие сроки.

Список литературы

1. *Johannes Noma*. A Novel Additive Manufacturing Technology for High-Performance Ceramics, 2014.
2. *М.К. Романов, Л.И. Журавлева*. Анализ технологической и экономической целесообразности применения аддитивных технологий при изготовлении керамических деталей // *Стекло и керамика*. 2019 № 9