

Михайлова Наталия Геннадьевна,
магистрант, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: mikhaylova_natalia25@yahoo.com

Баранова Альбина Алексеевна,
к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: baranova2012aa@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЯ БУДУЩЕГО. 3D-ПЕЧАТЬ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ОГНЕУПОРНОГО БЕТОНА

Mikhailova N.G., Baranova A.A.

TECHNOLOGY OF THE FUTURE. 3D-PRINTING OF REFRACTORY CONCRETE PRODUCTS

Аннотация. В статье рассматривается технология производства изделий из огнеупорного бетона при помощи 3D-принтера.

Ключевые слова: 3D-печать, аддитивные технологии, керамобетон, огнеупорный бетон.

Abstract. The article discusses the technology of production of refractory concrete products using a 3D-printer.

Keywords: 3D-printing, additive technologies, ceramic concrete, refractory concrete.

Среди современных бетонов можно выделить новое направление – керамобетоны. Данный вид бетонов производится из предварительно обожжённых керамических материалов, перемолотых до наночастиц, путём смешивания со специальным связующим, высушивания и обжига по определённой технологии.

Керамобетон является безупрочным материалом. Его использование позволяет уйти от нескольких основных проблем, которые возникают при использовании других видов бетонов, а именно практически нулевое тепловое расширение и неограниченное количество теплосмен (исчисляется сотнями).

До недавнего времени диапазон материалов, пригодных для сравнительно простого и дешёвого изготовления различных деталей посредством 3D-печати, ограничивался в основном полимерами и иными похожими соединениями. Теперь к их числу добавился и керамический бетон.

В отличие от обычного принтера, который выводит на лист бумаги двумерную информацию, 3D-принтер позволяет вывести трёхмерную информацию, т.е. создать определённый физический объект. Технология 3D-печати основана на принципе послойного создания (выращивания) твёрдой модели.

Известны различные способы трёхмерной печати изделий с применением 3D-принтеров.

1. Стереолитография (SLA или SL) – послойное отверждение жидкого фотополимера лазерным лучом. Данная технология аддитивного производства применяется для изготовления моделей, прототипов и готовых изделий из жид-

ких фотополимерных смол. Отвердевание смолы происходит за счёт облучения ультрафиолетовым лазером или другим схожим источником энергии.

2. Селективное лазерное спекание порошковых материалов (SLS) — это способ производства, при котором лазерный луч спекает порошковые полимеры в прочное изделие.

3. Послойное наложение, технология склеивания порошков (FDM). Подразумевает создание трёхмерных объектов за счёт нанесения последовательных слоёв материала, повторяющих контуры цифровой модели.

Основой всех известных способов являются следующие шаги:

1. формирование поперечных сечений изготавливаемого объекта;
2. послойное наложение этих сечений и комбинирование слоёв, с созданием заданной геометрии изделия, соответствующей компьютерной 3D модели.

Наиболее близким, принятым за прототип, является способ трёхмерной печати изделий в виде последовательных слоёв в сечении в соответствии с моделью изделия (рис. 1).

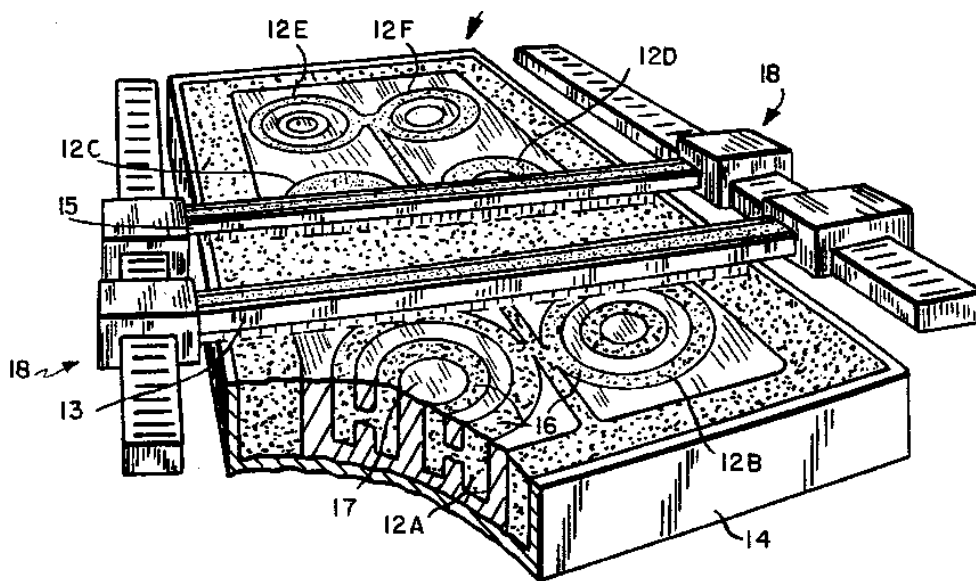
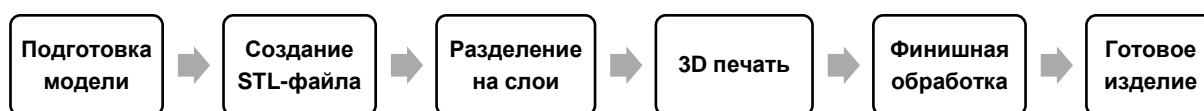


Рисунок 1 – Схема производства изделий на 3D-принтере:

12A÷12F – полости, которые могут быть использованы для отливки шести практически идентичных деталей; 13 – головка для порошка, перемещающаяся возвратно-поступательно в челночном движении по длине формируемой формы; 15 – связующее; 17 – рыхлые, несвязанные частицы порошка, которые удаляются с помощью подходящей технологии, например, ультразвуковой очистки, чтобы оставить готовую деталь для использования; 18 – узел линейного шагового двигателя

Способ трёхмерной печати огнеупорных изделий, включающий создание 3D модели изделия, деление модели изделия на слои в поперечном сечении, нанесение слоя порошкообразного материала, нанесение рисунка сечения модели на слой порошкообразного материала жидким связующим, послойное отвердевание порошкообразного материала по 3D модели до завершения формирования изделия, отличается тем, что порошкообразный материал, состоящий из смеси дисперсного и зернистого огнеупорного материала, предварительно приготавливают из одного или смеси двух и более огнеупорных компонентов (оксид магния, оксид алюминия, оксид кальция, диоксид кремния, диоксид циркония, оксид хрома, оксид титана, титанат алюминия, магниевая шпинель, герцинит, галаксит, шамот, андалузит, циркон), смешивая в смесительных бегунах до получения однородной массы, причём в качестве жидкого связующего используют растворы солей магния и/или органическое связующее, и/или гидравлическое вяжущее, а полученное изделие выдерживают не менее 2 часов, с последующей сушкой. В порошкообразный материал может быть введён углеродный компонент, пластификатор. Изготовленное изделие может быть подвергнуто термообработке при температуре не менее 180 °С.

Общую схему производства можно представить в виде следующей последовательности:



Огнеупорные компоненты для порошковой смеси предварительно приготавливают из одного, двух или более огнеупорных оксидных материалов. Подготовка включает измельчение сырьевых материалов путём дробления или помола, фракционирование измельчённых материалов путём просеивания и изготовление смесей, предназначенных для дальнейшего формования, в соответствии с рецептурой по составу материалов и зерновому составу. Размер фракции определяет толщину слоя огнеупорной порошковой смеси, наносимого на подложку. Предпочтительно иметь толщину слоя не более 3 мм.

При необходимости (в зависимости от условий эксплуатации изделий в различных тепловых агрегатах) производится обжиг изделий с образованием керамических связей при температуре 1600÷1900 °С. Необходимость обжига определяется достижением улучшенных физико-химических свойств изделий: прочности, плотности, стойкости к агрессивным средам.

Данным способом изготавливались направляющие детали для оптимизации движения газов производственной печи (рис. 2). С их помощью завихрения придают необходимую форму и направление.

Изделия, изготовленные на 3D-принтере с применением керамобетона, являются вечными и не подвергаются разрушению.

а)



б)



в)



г)



Рисунок 2 – Фото изделий, изготовленных из огнеупорных бетонов при помощи 3D-принтера: а), б) – дробители (разделители) потоков (оптимизация скорости потока); в), г) – направляющие для закручивания (завихрения) потока

ЛИТЕРАТУРА

1. **Баева, Л.С., Маринин, А.А.** Современные технологии аддитивного изготовления объектов // Вестник МГТУ. – 2014 г. – Т. 17, № 1. – С. 7-12.
2. **Кушнир, Н.В., Кушнир, А.В., Геращенко, А.М., Тыртышный, А.В.** История и технологии трёхмерной печати // Научные труды КубГТУ. – 2015. № 5.
3. **Kelly, J. F.** 3D-Printing: Build Your Own 3D-Printer and Print Your Own 3D-Objects // Que Publishing. – 2013. 192 p.
4. **Лысыч, М.Н., Белинченко, Р.А., Шкильный, А.А.** Технологии 3D печати // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. Т. 2, № 4-3 (9-3). С. 215-219.
5. **Шкуро, А.Е., Кривоногов, П.С.** Технологии и материалы 3D-печати [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т. – 2017. – ISBN 978-5-94984-616-2.