

НОВАЯ ЭРА ЛИТЬЯ: 3D-ПЕЧАТЬ ПЕСЧАНЫХ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ

*В.К. Волошко^а, студент гр. 10В31,
Научный руководитель: Сапрыкин А.А., к.т.н., доц.
Юргинский технологический институт (филиал)
Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: "slava.voloshko@inbox.ru*

Аннотация. В данной статье рассмотрены основные технологии 3D-печати песчаных литейных форм, подробно описаны этапы, материалы и оборудование для 3D-печати по технологии безмодельного литейного производства (PCM).

Ключевые слова: 3D-печать, песчаные литейные формы.

Abstract: This article reviews the basic 3D printing technology of sand-casting molds, detailing the steps, materials, and equipment for 3D printing using Patternless Casting Manufacturing (PCM) technology.

Keywords: 3D printing, sand casting molds.

Современные технологии 3D-печати становятся неотъемлемой частью производства в машиностроении и металлургии. Одной из востребованных областей их применения является создание литейных форм, позволяющих заметно ускорить и упростить процессы изготовления деталей сложной формы, снизить себестоимость и улучшить качество продукции. При этом пропадает необходимость в традиционных моделях и оснастке, всё это открывает новые возможности для литейного производства.

На сегодняшний день получить песчаную форму для литья методом 3D-печати можно двумя способами: первый заключается в послойном нанесении связующего на порошковый материал, применяется в технологии Binder Jetting (BJ) для печати песком, керамикой и гипсом и её частном случае – технологии Patternless Casting Manufacturing (PCM) для печати уже только песком; и второй способ заключается в послойном спекании порошкового материала, который получил название Selective Laser Melting (SLM). Из трех указанных технологий наибольшую эффективность, а также применение в промышленности имеет технология PCM, благодаря низкой стоимости материалов и высокой производительности [1]. Далее подробно рассмотрены этапы получения песчаных литейных форм, при помощи технологии PCM.

Моделирование и подготовка. Разработка трехмерной модели литейной формы выполняется с помощью CAD-системы. Готовую 3д-модель экспортируют в формат, совместимый с 3д-принтером (STL или OBJ), разбивают на слои в специальной программе – слайсере (Prusa), задают параметры печати (толщина слоя, скорость печати, температура экструдера и стола и т. д.) и генерируют G-код, который является пошаговой инструкцией для 3д-принтера.

Печать [5]. Сначала песок смешивается с активатором в отдельном смесителе в среднем в течение 1–2 минут. Расход активатора не более 1 % от массы песка. Затем в рабочей зоне 3D-принтера данная смесь распределяется тонким слоем по платформе, а после принтер с помощью струйной печатающей головки точно наносит связующее вещество (возможно предварительное смешивание активатора и связующего и совместное нанесение, но тогда определяющим является фактор времени) на участки слоя, соответствующие геометрии модели. Концентрация связующего составляет 1–2 % от массы песка. Запускается химическая реакция полимеризации, приводящая к быстрому затвердеванию смеси на печатаемых участках. После платформа перемещается вниз на толщину одного слоя и процесс повторяется до завершения печати всей формы.

Постобработка. Полученную форму очищают от остатков песка, просушивают и при необходимости наносят антипригарное покрытие. Материал, не участвовавший в создании формы, используется повторно в следующих циклах печати.

Для 3д печати песчаных форм используются три основных компонента [2].

Первый – это формовочный материал, песок, выбор которого зависит от температуры плавления сплава, требований к точности формы, качеству поверхности и экономических факторов. Наибольшее применение получил кварцевый песок, благодаря своей доступности, высокой термостойкости и мелкой зернистости. Но также возможно использование и других видов песка, таких как хромитовый, цирконовый, кальцинированный и оливиновый, каждый из которых обладает своими уникальными свойствами, подходящими для определенных задач.

Помимо самого песка, требуется связующий материал, который будет обеспечивать склеивание песчаных частиц. Связующие делятся на неорганические (водное стекло, фосфатные связующие) и органические (фурановые, полиуретановые смолы). В предлагаемой технологии применяются фурановые смолы, которые отличаются высокой прочностью получаемой формы, устойчивостью к высоким температурам, а также доступностью и простотой применения.

Для активации связующего и создания прочной структуры использую специальные катализаторы. Для фурановых смол подходят сильнокислотные катализаторы на основе сульфоновых кислот, лучшим примером которых служит ортофосфорная кислота, позволяющая регулировать скорость полимеризации.

Ниже представлена принципиальная схема установки для 3D-печати песчаных литейных форм по технологии РСМ. Смеситель используется для равномерного перемешивания песка с активатором и обеспечивает его однородность. Ёмкость со смолой служит для хранения фурановой смолы, в ней поддерживаются постоянными температура и давление. Ракельный нож предназначен для равномерного распределения слоя песчаной смеси, а также обеспечивает её постоянную толщину. Печатный модуль отвечает за нанесение смолы на определенные участки смеси.

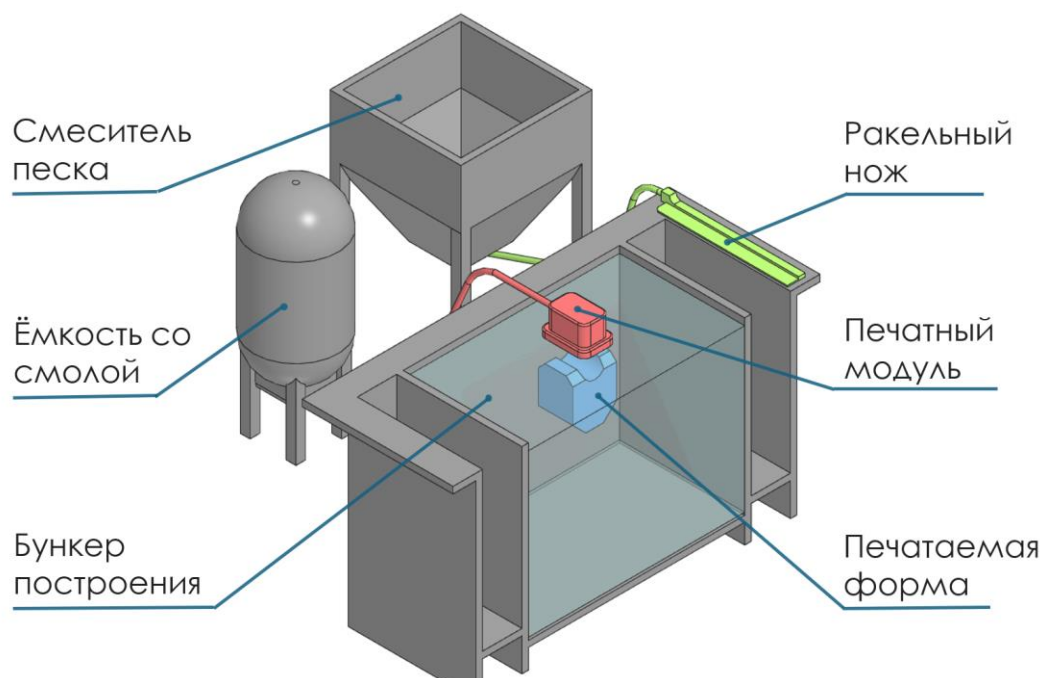


Рис. 1. Схема установки для 3D-печати песчаных литейных форм по технологии РСМ

Литье в песчаные формы – один из самых популярных способов получения отливок. Традиционные методы создания литейных форм, несмотря на их широкое применение, имеют значительные ограничения, главные из которых трудоемкость, низкая точность и длительные сроки изготовления [4]. Технология безмодельного литья лишена этих недостатков, и имеет следующие преимущества:

- Скорость производства: в традиционных технологиях литья в зависимости от сложности изделия на изготовление оснастки уходят недели, а порой даже месяцы, а 3д печать даже самых сложных составных форм занимает несколько дней, что значительно сокращает производственный цикл.
- Гибкость проектирования: возможность создания форм с очень сложными геометрическими характеристиками, включая внутренние полости и тонкие стенки, недоступные при традиционном литье.
- Высокая точность и воспроизводимость: благодаря автоматизации процесса полностью исключается влияние человеческого фактора и обеспечивается 100 % повторяемость отливок от формы к форме.
- Уменьшение затрат на механическую обработку за счёт минимальных припусков и высокого класса точности поверхности отливки.

• Экономичность: как уже было сказано, технология устраняет необходимость создания модельной оснастки и литниковых систем, тем самым экономя ресурсы предприятия.

Технология безмодельного литья актуальна в мелко- и среднесерийном производстве, когда требуется изготовить ограниченное число деталей сложной формы и может применяться в таких отраслях, как [5]:

- Машиностроение: для производства корпусных деталей и сложных элементов.
- Автомобилестроение: в производстве деталей двигателей, трансмиссий, кузовов.
- Энергетика: для изготовления деталей насосов, компрессоров.
- Авиакосмическая промышленность: в изготовление компонентов турбин, шасси и других систем

Внедрение 3D-принтеров на основе песчаных форм открывает новые горизонты для промышленности. При грамотном выборе материалов и оборудования предприятия могут значительно повысить свою конкурентоспособность на рынке. Сегодня технология 3D-печати песчаных форм продолжает активно развиваться. Ожидается, что в ближайшем будущем она станет еще более доступной и широко применяемой в различных отраслях промышленности.

Список использованных источников:

1. Эттель В.А. Исследование технологии производства деталей сложной конфигурации с помощью аддитивных технологий / В.А. Эттель, А.А. Берг, С.С. Иванов // Академическая наука – проблемы и достижения: материалы XV международной научно-практической конференции, North Charleston, USA, 26–27 марта 2018 года. Том 2. – North Charleston, USA: CreateSpace, 2018. – С. 41–43. – EDN XQBBRZ. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35075248> (дата обращения: 28.02.2025).

2. Шальнова С.А. Аддитивные технологии и лазерная поверхностная обработка как альтернатива классическим методам производства и обработки деталей / С.А. Шальнова // – 2016. – № 26–2. – С. 38–42. – EDN VZGGMT. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26104314> (дата обращения: 28.02.2025).

3. Попкова И.С. Селективное лазерное плавление как инновационная технология изготовления сложно-профильных изделий / И.С. Попкова – Москва, 2015. – С.276–279. – URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/41926/1/sch_met_XVI_2015_2_082.pdf (дата обращения: 28.02.2025).

4. Соколов И.А. Разработка рекомендаций по внедрению аддитивных технологий в Российское металлургическое производство / И.А. Соколов: магистерская диссертация. – Екатеринбург, 2018. – 124 с. – URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/61446/1/m_th_i.a.sokolov_2018.pdf (дата обращения: 28.02.2025).

5. Дорофеева В.В. Аддитивные технологии как инновационный тренд в развитии производства / В.В. Дорофеева. – Калининград, 2020. – С. 23–27. – URL: https://brstu.ru/static/unit/journal_2/docs/number-41/23-27.pdf (дата обращения: 28.02.2025).

СПОСОБ ПОДГОТОВКИ КОМПОЗИТНОГО МУЛЬТИКОМПОНЕНТНОГО ПОРОШКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА СЕЛЕКТИВНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ПЛАВЛЕНИЕМ

А.В. Юркевич^а, студент гр. 10А31,

Научный руководитель: Сапрыкин А.А., к.т.н., доц.

Юргинский технологический институт (филиал)

Национального исследовательского Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail: ^аavy64@tpu.ru

Аннотация. Шаровая мельница – это устройство для измельчения твёрдых материалов до мелкодисперсного состояния. Она широко применяется в горнодобывающей, химической, строительной и других отраслях промышленности. В статье рассмотрены принцип работы, конструктивные особенности, преимущества и недостатки шаровых мельниц, а также их применение в аддитивном производстве.

Ключевые слова: металлорошковые композиции, порошковая металлургия, грануляция, аддитивные технологии.

Abstract: A ball mill is a device for grinding solid materials into a fine, dispersed state. It is widely used in mining, chemical, construction, and other industries. The article discusses the working principle, design features, advantages, and disadvantages of ball mills, as well as their application in additive manufacturing.