

Это позволяет в определенных случаях избежать синуслифтинга, в других позволяет заранее спланировать план лечения, который был бы при любом другом исполнении опасен для пациента, а так же позволяет имплантировать систему в небо или другие костные образования, которые оригинально не рассматриваются для имплантации.

Фотополимерная смола для 3D-принтера – Anycubic Basic. Полученное изделие представлено на рисунке 2.

Значительным преимуществом использования 3d-печати – это возможность создать недорогую объемную модель за достаточно короткий срок. Следовательно, внедрение трехмерной печати в стоматологию позволяет улучшить качество оказываемой пациенту медицинской помощи

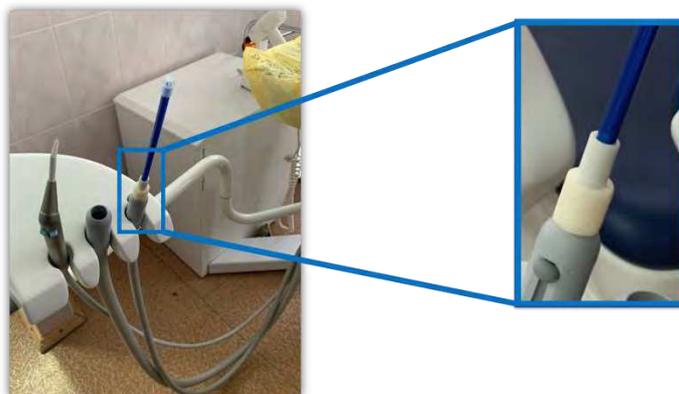


Рис. 2. Насадка для слюноотсоса,  
полученная на 3D-принтере ANYCUBIC PHOTON MONO SE

Список использованных источников:

1. Mazzoli A. Selective laser sintering in biomedical engineering / A. Mazzoli // Medical & Biological Engineering & Computing. – 2013. – Vol. 51, №. 3. – P. 245–256. – URL: <http://doi.org/10.1007/s11517-012-1001-x>. (дата обращения: 10.03.2024). – Текст: электронный.
2. Малаев И.А. Аддитивные технологии: применение в медицине и фармации / И.А. Малаев, М.Л. Пивовар // Вестник фармации. – 2019. – № 2. – С. 98–107.
3. Технологии аддитивного производства – URL: <https://slide-share.ru/tekhnologii-additivnogo-proizvodstvaishkhodnaya-model-additivnij-process-122962> (дата обращения: 10.03.2024). – Текст: электронный.
4. Технологии 3D печати. – URL: [https://tp3d.ru/index.php?route=record/record&record\\_id=37](https://tp3d.ru/index.php?route=record/record&record_id=37) (дата обращения: 10.03.2024). – Текст: электронный.

### 3D-ПЕЧАТЬ ПЕСЧАНО-ПОЛИМЕРНЫХ ФОРМ ДЛЯ ЛИТЬЯ МЕТАЛЛОВ

*И.А. Воротников<sup>а</sup>, студент гр. 10В31*

*Научный руководитель: Ибрагимов Е.А., к.т.н., доц.*

*Юргинский технологический институт (филиал)*

*Национального исследовательского Томского политехнического университета*

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

*E-mail: <sup>а</sup>iav27@tpi.ru*

**Аннотация:** В работе проведен обзор на существующие технологии изготовления литейных форм с применением оборудования для 3D-печати. Представлены сравнительные особенности технологий, выделены основные технологические параметры процесса изготовления литейных форм.

**Ключевые слова:** 3D-печать, литейная форма, мастер-модель.

**Abstract:** The work provides a review of existing technologies for manufacturing casting molds using 3D printing equipment. The comparative features of the technologies are presented and the main technological parameters of the mold manufacturing process are highlighted.

**Keywords:** 3D printing, casting mold, master model.

Литье металла один из старейших процессов, используемых человечеством для изготовления различных металлических изделий. Этот процесс включает в себя различные технологии и позволяет получать сложные и прочные детали из различных металлических сплавов.

Одной из задач, стоящих перед инженерами на производстве литейных изделий, является оптимизация процесса механической обработки для минимизации трудозатрат. Это достигается за счет близкого соответствия отливок требуемым параметрам деталей, что позволяет экономить как средства, так и время. Для достижения этой цели применяются инновационные технологии, которые позволяют ускорить технические процессы и избежать традиционных этапов в производстве отливок. Благодаря этому производитель может получить необходимую модель отливки или форму более эффективно за одну операцию.

Основными методами производства литья являются литье в песчаные формы, литье по выплавляемым моделям, литье в оболочковые формы, литье в кокиль, литье под давлением и центробежное литье, и новый способ литье в песчано-полимерные формы.

Мастер-формы применяются при обычном процессе литья производятся как вручную, так и путем механической обработки. Зачастую из-за сложности формы невозможно получить вручную. В этом случае для изготовления мастер-моделей применяют сложные дорогостоящие 5-осевые обрабатывающие центры с числовым программным управлением. Это позволяет значительно расширить диапазон возможных форм, но значительно увеличивает стоимость изготовления таких восковых или мастер-моделей. Наличие таких форм подходит для массового производства, но нецелесообразно для малых и средних серий. В этом случае на помощь приходит применение 3D-печати.

Непосредственная печать готового изделия уже внедрено на многих современных производствах. Однако такая технология экономически дороже традиционного литья. В связи с чем, на сегодняшний день, особое внимание уделяется 3D-печати газифицируемых и выплавляемых моделей, а также печати готовых к литью форм и стержней [1].

Совместное применение технологий Binder Jetting и SLS предоставляет возможность оперативно изготовить высококачественную литейную форму. 3D-машины, использующие эти методы печати, работают с подготовленными заранее литейными песками.

Binder Jetting [2].

Технологическую цепочку производства формы можно представить следующими основными этапами. CAD-модель литейной формы делится на горизонтальные слои заданной толщины и транслируется в виде STL-файла в принтер для аддитивной формовки. В зоне построения песчаный материал наносится слоями толщиной (100–500 мкм). Далее, с помощью специальной печатающей головки на подготовленный слой песка наносится раствор, являющийся отвердителем. Раствор наносится в соответствии с STL-файлом цифровой модели. В результате формируется тонкий затвердевший слой из песчаной смеси, которая соответствует геометрии цифровой модели. Затем наносится новый слой песка и процесс повторяется.

Для реализации процесса печати в качестве связующего раствора используют фурановые смолы. Кварцевый песок является одним из самых распространенных в мире видов песка, получаемый из кристаллов кварца. Фурановый песок является типичным не обжигаемым связующим, основным для традиционного песчаного литья, поэтому нет необходимости в модификации литейных цехов для использования этого связующего. Печатные формы можно отливать сразу, без операций обжига.

Технология струйной подачи связующего позволяет использовать те же формовочные материалы, применяемые в традиционном серийном производстве, поэтому аддитивные технологии можно использовать для производства прототипов металлических отливок и мелкосерийных металлических деталей, без каких-либо проблем или несоответствий при сертификации или принятии государственными заказчиками. Технология литья может быть разработана для массового и многосерийного производства. Система управления подачей песчаной смеси обеспечивает возможность частичной регенерации несвязанного песка и его повторного использования [3].

Преимущества:

1. Получение геометрически сложных изделий.
2. Высокая скорость и точность печати.
3. Изготовление по индивидуальному заказу.
4. Экономичная печать, так как материалы могут быть использованы повторно, а рабочие зоны – частично.

5. Возможность интеграции в ERP-системы.

Недостаток:

Структура изделия более пористая, чем при других методах печати.

SLS-печать литейных форм.

Технология SLS основана на послойном спекании порошковых материалов с помощью лазерного луча. Этот метод используется при необходимости изготовления геометрически сложных мастер-моделей с достаточно большими размерами и средней точностью.

Мелкодисперсный порошковый материал [4] (размер частиц порошка составляет в среднем 50–150 микрон) расплющивается специальными валиками в печатной камере, заполненной азотом или аргоном для предотвращения окисления материала. Полученный слой спекается с помощью углеродного лазера до соответствия форме воспроизведенного поперечного сечения цифровой модели. Затем печатная платформа немного опускается на 0,1–0,3 мм, и начинается изготовление следующего слоя. Этот процесс повторяется до тех пор, пока деталь не будет готова.

Для этого продукта не требуется подставка. Опорой служит неиспользованный порошковый материал, который можно использовать многократно.

Готовая мастер-модель заполняется формовочным материалом, после чего обжигается в печи для обжига. Образующиеся при этом горючие газы должны быть нейтрализованы. Используются порошки с минимальной долей золы, так как существует риск засорения формы золой, оставшейся после обжига.

Внедрение аддитивной печати в технологию производства ускоряет процесс литья и снижает затраты на изготовление форм. В то же время 3D-печать значительно упрощает производство геометрически сложных изделий, от маленьких до очень больших, без ущерба для точности отливок.



Рис. 1. График зависимости стоимости модели от кол. произведенных экземпляров показывает эффективность применения аддитивных технологий [2]

При создании мастер-моделей, которые впоследствии расплавляются, рекомендуется использовать оборудование, основанное на комбинированной технологии струйного нанесения связующего и SLS, а также соответствующие расходные материалы. Использование этой технологии значительно сокращает и упрощает производственный процесс, делая изготовление форм более выгодным. Кроме того, технология 3D-печати позволяет получать более точные изделия и экономить время на постобработку.

3D-технология позволяет упростить процесс изготовления пресс-форм и снизить стоимость получаемых таким образом изделий. Это актуально для малого и среднего производства, где длительное время и усилия, необходимые для изготовления форм, зачастую нерентабельны; 3D-печать устраняет эту проблему, поскольку многие этапы традиционного производственного процесса исключаются при изготовлении модели.

Список использованных источников:

1. Применение 3D-печати при изготовлении литейных форм: особенности и преимущества технологии. – URL: <https://vektor.us.ru/blog/tehnologii-3d-pechati-dlya-litya-metallov> (дата обращения: 01.03.2024). – Текст: электронный.
2. Обзор: технологии 3D-печати для литья металлов. – URL <https://3dtoday.ru/blogs/top3dshop/overview-the-technology-of-3d-printing-metal-casting> (дата обращения: 01.03.2024). – Текст: электронный.
3. Технологии 3D-печати для литья металлов. О литье. – URL: <https://3dsfera.by/3d-models/zakaz-pechati/tehnologii-3d-pechati-dlya-litya-metallov/> (дата обращения: 01.03.2024). – Текст: электронный.

4. Обзор отечественного оборудования и технологий для 3D-печати литейных форм. – URL: <https://integral-russia.ru/2019/01/17/obzor-otchestvennogo-oborudovaniya-i-tehnologij-dlya-3d-pechati-litejnyh-form/> (дата обращения: 01.03.2024). – Текст: электронный.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ В РАЗВИТИИ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

*А.Н. Азимов, студент гр.10А31*

*Научный руководитель: Григорьева Е.Г.<sup>а</sup>, старший преподаватель  
Юргинский технологический институт (филиал)*

*Национального исследовательского Томского политехнического университета  
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26  
E-mail: <sup>а</sup>Sedasch@tpu.ru*

**Аннотация:** Статья рассматривает влияние технологических инноваций на развитие производства металлических изделий. Автор анализирует современные технологии и методы, применяемые в производстве и рассматривает их влияние на повышение эффективности производства, качества продукции.

**Ключевые слова:** технологии, выращивание, инновации, производство, плавление.

**Abstract:** The article considers the impact of technological innovations on the development of metal products production. The author analyzes modern technologies and methods used in production and considers their impact on improving production efficiency and product quality.

**Keywords:** technology, cultivation, innovation, production, melting.

В современном мире все более актуальным становится вопрос внедрения технологических инноваций для развития промышленных предприятий. Одним из примеров новых направлений в развитии производства является, аддитивные технологии, которые представляют собой, послойное создание и изготовление деталей.

На сегодняшний день аддитивное производство металлических компонентов выделяется возможностью создания конструкций высочайшей сложности при снижении расходов на материалы. Этот факт делает традиционные методы производства малоэффективными в условиях современной конкуренции.

В настоящее время в мире существует разнообразие технологий аддитивного производства металлических изделий, включая WAAM (GMAW, PAW, CMT), DMD, LBDMD, EBAM. При использовании технологии прямого лазерного выращивания (DMD), создание изделия происходит за счет подачи порошка, подаваемого сжатой газопорошковой струей в область выращивания. Возможно варьировать состав порошковой смеси в процессе выращивания, что способствует быстрому созданию изделий с разнообразными, заданными свойствами. Таким образом, в рамках одного технологического процесса становится возможным создание изделий, участки которых обладают различными характеристиками, точно соответствующими условиям эксплуатации [2].

Метод электронно-лучевой плавки (EBAM) представляет собой инновационное направление в производстве металлических изделий. В отличие от других методов, EBAM использует электронные излучатели для плавления металлического порошка, что делает процесс более быстрым и эффективным. Технология схожа с выборочной лазерной плавкой (SLM), но имеет свои уникальные преимущества. В основе технологии лежит использование электронных пучков высокой мощности для сплавления металлического порошка в вакуумной камере с образованием последовательных слоев, повторяющих контуры цифровой модели. С помощью EBAM возможно создавать изделия, отличающихся оригинальностью и повышенным качеством [3].

Несмотря на несомненные преимущества описанных технологий, имеется существенный недостаток – необходимость, использования сложного дорогостоящего оборудования, что ограничивает их широкое использование в производстве.

Наиболее перспективным, для экономически эффективного производства крупных металлических деталей является проволочно-дуговая аддитивная технология (WAAM) [5].

Источником нагрева является электрическая дуга, а присадочным материалом – промышленная сварочная проволока. Сочетание этих двух факторов обеспечивает ценные преимущества по сравнению с высокоэнергетическими лазером или электронным лучом. Производственные затраты значительно ниже, в особенности при мелкосерийном производстве, а время цикла значительно сокращается [3].

Кроме того, возможность использования проволоки обеспечивает высокоэффективное осаждение материала. Основное преимущество процесса WAAM – низкие капитальные вложения.