

at

АДДИТИВНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ

i3D

3D-INTEGRATION

www.i3D.ru



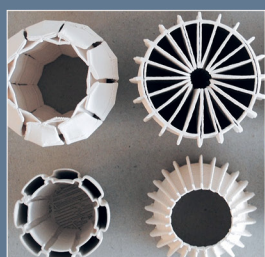
AM.TECH CERAMIC

серия промышленных 3D-принтеров
для печати керамикой



Подробнее на с. 8

Официальный дистрибьютор в России – компания i3D



Аддитивное
производство
в России
в новых
условиях
20



Реверс-
инжиниринг:
спасение
при ремонте
оборудования
в условиях
санкций
29



Гибка труб
с применением
3D-напечатанного
инструмента
32

КОМПАКТНАЯ СИСТЕМА РУЧНОЙ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ И ОЧИСТКИ

LightWELD 1500 XC



Ширина шва в режиме Wobble
до 5 мм

Мощность лазера
до 1500 Вт

Пиковая мощность
до 2500 Вт

Вес
53 кг

Охлаждение
Воздушное

Размеры
641 x 316 x 534 мм



**ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ
В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ МАТЕРИАЛОВ И ТОЛЩИН**



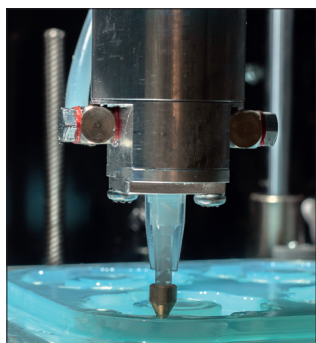
Свариваемые материалы

Металл	Толщина (односторонняя сварка)	Толщина (двухсторонняя сварка)
Нерж. стали	До 4 мм	До 10 мм
Оцинкованная сталь	До 4 мм	До 10 мм
Низкоуглерод. стали	До 4 мм	До 10 мм
Алюминиевые сплавы	До 4 мм	До 10 мм
Медь	До 1 мм	До 2 мм

Система ручной лазерной сварки LightWELD XC, дополняет возможности серии LightWELD функцией очистки для быстрого и легкого удаления ржавчины, следов масел, покрытий перед сваркой, окислы, цветов побелости после сварки. Система позволяет обеспечивать исключительные эстетические качества шва, без потери времени и затрат на абразивы или химикаты.

Подробнее обо всех новинках Вы можете узнать у наших консультантов по e-mail и телефону:
+7 (495) 968 99 32; lightweld.online@ntoire-polus.ru
www.lightweld-xc.ru

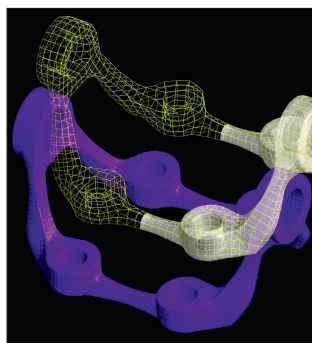




7



14



17

СОДЕРЖАНИЕ

- 5** НПО «ЗД Солюшнс» — ответ на запрос рынка композиционных материалов для 3D-печати
- 7** 3D-печать силиконом
- 8** DLP-процесс — высокоточная печать керамикой и металлами
- 14** Jetcom-3D — профессиональный поставщик систем аддитивного производства и трёхмерного сканирования
- 16** Применение рентгеновской компьютерной томографии компании Sanying в аддитивных технологиях
- 20** Аддитивное производство в России в новых условиях
- 29** Реверс-инжиниринг: спасение при ремонте оборудования в условиях санкций
- 32** Гибка труб с применением 3D-напечатанного инструмента
- 35** Аддитивные технологии: новости медицины

Издатель ООО «ПРОМЕДИА»

директор О. Фалина

главный редактор
М. Копытина

отдел редакции:
Т. Карпова, Э. Сашкая
С. Куликова

консультант:
Н.М. Максимов
nikamax@gmail.com

отдел рекламы
т/ф (499) 55-9999-8

АДРЕС: 107140, г. Москва,
ул. Верхняя Красносельская,
д. 17А, стр. 1Б, офис 306-1
т/ф (499) 55-9999-8
(многоканальный),
e-mail: info@additiv-tech.ru
www.additiv-tech.ru

Журнал зарегистрирован
Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых
коммуникаций (Роскомнадзор).
Свидетельство о регистрации СМИ
ПИ № ФС 77-67106 от 15.09.2016.

Тираж 5000 экз.
Распространяется на выставках
и по подписке.

Перепечатка опубликованных
материалов разрешается только
при согласовании с редакцией.
Все права защищены ®.

Редакция не несет ответственности
за достоверность информации
в рекламных материалах
и оставляет за собой право
на редакторскую правку текстов.
Мнение редакции может
не совпадать с мнением авторов.

Новая гибридная технология

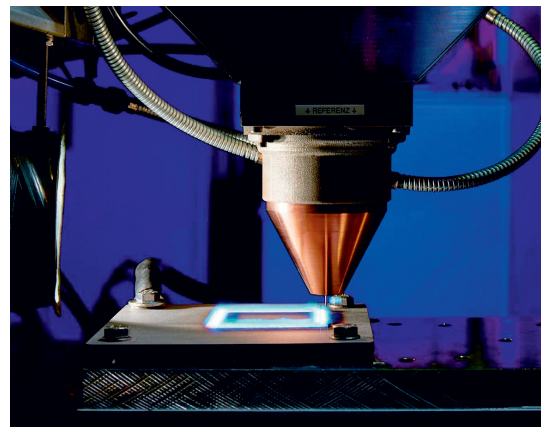
В FRAUNHOFER ILT разработали гибридную аддитивную технологию с кольцеобразным лазерным излучением. Решение получило название COLLAR Hybrid (coaxial laser arc). В его основе лежит комбинация лазерной сварки с присадочной проволокой и газовой дуговой сварки, которая сочетает в себе лучшее из двух аддитивных процессов: WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing) и WLMD (Wire Laser Material Deposition).

Оба процесса имеют преимущества и недостатки. Так, WLMD является более медленным и дорогостоящим, но характеризуется более низким выделением тепла и более точным наращиванием слоя. Если требуется более высокая скорость нанесения, то лучшим выбором является WAAM, но при его

использовании наносимый слой получается значительно более грубым и волнистым.

Разработанная рабочая головка COLLAR Hybrid состоит из специальной оптической системы с водяным охлаждением и горелки для дуговой сварки с водяным охлаждением для сварки и наплавки при высоких мощностях. Таким образом, в новой оптической системе накладываются оба источника энергии и выгодно сочетаются сильные стороны двух отдельных процессов.

Главной особенностью нового решения является то, что дуга между концом проволоки и подложкой закрыта кольцевым лазерным излучением, словно воротником (аббревиатура COLLAR (coaxial laser arc) созвучна английскому слову collar — воротник). Идея



этой комбинации заключается в том, что дуга не может вырваться из этого «воротника» и направляется принудительно. Отмечается, что при подобном коаксиальном совмещении процессов скорость осаждения может быть увеличена на 150 %.

Пример гибридной технологии был создан для исследовательского проекта DVS КоахHybrid (DVS — немецкий союз сварки).

www.3dpluse.ru



Исследователи из Сколковского института науки и технологий и Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» предложили эффективный метод лазерного полирования изготовленных на 3D-принтере металлических деталей сложной формы, таких как протезы суставов. Коллектив модифицировал традиционную технологию лазерной полировки таким образом, что она стала снижать примерно на порядок и шероховатость поверхности, и пористость приповерхностного слоя. Кроме того, оказалось, что вдобавок к снижению шероховатости и пористости примерно на 90% достигается улучшение с точки зрения выносливости металла. Эксперимент проводился со стальными образцами, но нет больших сомнений, что анало-

Лазерное полирование сложных 3D-печатных изделий

гичные результаты достижимы с двумя другими распространенными материалами для протезов — титаном и сплавом кобальта и хрома.

Другие методы обработки поверхности не могут удовлетворительно решать сразу обе проблемы. С шероховатостью хорошо справляется стандартное лазерное полирование, но оно не помогает избавиться от пор, залегающих на глубине около 0,1 мм, а лазер обычно переплавляет более тонкий поверхностный слой металла. Для устранения пор подходят «ударные» методы с обстрелом поверхностей твердыми частицами или лазерными импульсами, но шероховатость при этом снижается не столь значительно, а в некоторых случаях даже увеличивается.

«Наша идея проста: вместо нескольких проходов лазером по поверхности на оптимальной мощности, как это обычно делается, повышаем мощность одного из проходов, чтобы расплавить более толстый слой металла и достать

до пор. Конечно, оптимальной эту мощность называют не просто так, поэтому поверхность в итоге получится чуть более шероховатой, но речь об очень незначительном ухудшении, в пределах нескольких процентов, зато взамен мы избавляемся от вредных дефектов под поверхностью», — поясняет один из авторов исследования, аспирант Центра технологий материалов Сколтеха Даниил Панов.

Единственная альтернатива — фрезерование, то есть механическое удаление верхнего слоя материала толщиной примерно 0,2 мм. Таким образом тоже можно убирать приповерхностные поры, и после обработки останется гладкая поверхность, однако такой подход применим лишь к деталям достаточно простой формы, которые можно изначально выточить на станке, не прибегая к 3D-печати. Новый же метод помогает устранять недостатки 3D-печатных деталей сложных геометрических форм.

<https://3dtoday.ru/>

Выращивание крупногабаритных деталей из легких сплавов

Учёные Сибирского федерального университета при поддержке программы «Приоритет–2030» разрабатывают аддитивную технологию цифровой мультидуговой наплавки — Digital Multi-Arc Deposition (DMAD), которая предназначена для производства деталей со сложной геометрией путём управляемого «наращивания» слоёв алюминиевого сплава.

«В СФУ решаются фундаментальные проблемы аддитивной технологии DMAD. В её основе лежит трёхмерное моделирование будущего изделия. Создаётся новое оборудование и программируемый алгоритм, с помощью которого происходит постепенное наплавление слоёв с управляемым переносом металла. Это позволяет снизить подвод тепла к формируемому слою изделия и сохранить высокую скорость наплавления», — поясняет профессор кафедры машиностроения Политехнического института СФУ Николай Довженко.

Особенность технологии DMAD состоит в применении двух и более проволок-электродов, в том числе из разных сплавов, — с их помощью создаётся комбинированная дуга из дуг прямого и косвенного действия. Формировать объём переносимого металла помогают именно косвенные дуги. Это позволяет значительно повысить эффективность процесса за счёт перенаправления большей части тепла к подаваемому электродному материалу и уменьшения подводимого тепла в формируемые элементы изделия.

Первые эксперименты, проведённые на базе Политехнического института СФУ, показали, что технология способна обеспечить двух- или даже трёхкратный рост производительности в сравнении с традиционным методом, использующим одну проволоку. Однако в сравнении с однопроволочной технологией процесс формирования и переноса капель расплавленного металла более сложный, что требует оптимиза-



ции режимов для дальнейшего развития технологии и её промышленного применения.

Учёные СФУ заявляют, что в университете уже разработаны высокоэффективные процессы производства проволок-электродов из алюминиевых сплавов (в том числе новых — экономнолегированных скандием) методами литья в магнитный кристаллизатор и совмещённого непрерывного процесса литья–прокатки–прессования.

<https://news.sfu-kras.ru>

Уникальные детали из высокопрочной стали

Российские специалисты из Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ) первыми в мире научились управлять механическими свойствами напечатан-

ных на 3D-принтере изделий из высокопрочной стали. Они установили, как изменение параметров печати влияет на прочность слоёв металла. Новизна метода заключается в четком описании влияния параметров печати на механические характеристики готового продукта.

«В научной статье мы описали, как изменение параметров печати влияет на прочность слоёв металла при 3D-печати. Прочность же слоёв зависит от микроструктуры, которая, в свою очередь, определяется скоростями охлаждения металла. Так, управляя скоростью печати, чередуя направления движения и осуществляя намеренные остановки, мы можем создавать участки металла в конструкции с различной прочностью и пластичностью. В общем виде зако-

номерность можно охарактеризовать так: чем быстрее перемещаем робота, тем выше скорость охлаждения и выше прочность», — пояснил заведующий лабораторией легких материалов и конструкций Института машиностроения, материалов и транспорта СПбПУ, кандидат технических наук Олег Панченко.

По словам авторов, полученные механические характеристики стали позволяют сократить толщину сложных деталей и облегчить этим всю конструкцию.

Напечатанные таким образом элементы могут найти применение при строительстве, производстве деталей машиностроения, изготовлении железнодорожных вагонов, в авиа- и судостроительной промышленности.

<https://minobrnauki.gov.ru>



Быстрая печать смолой из нескольких материалов

Новый метод под названием iCLIP создан при участии профессора ДеСимона — соучредителя и генерального директора компании-производителя скоростных стереолитографических 3D-принтеров Carbon, изначально разработавшей технологию Continuous Liquid Interface Printing (CLIP). В сравнении с ранним вариантом новая методика позволит повысить производительность еще в несколько раз, а также делает возможной мультиматериальную 3D-печать.

В 2016 году компания Carbon выпустила первые 3D-принтеры по технологии Continuous Liquid Interface Production. По сути, это обычные фотополимерные 3D-принтеры по технологии цифровой проекторной стереолитографии (DLP), но с одной существенной разницей — разделительным слоем. Такие системы используют кюветы с газопроницаемым дном, за счет чего нижний слой фотополимера насыщается кислородом и становится инертным. Это, в свою очередь, позволяет формировать зазор между печатаемым изделием и дном, тем самым ослабляя воздействие вакуумных сил на модель при подъеме платформы. Проще говоря, печатать можно намного быстрее, так как при подъеме платформы снижается риск деформации, расслоения или даже отрыва модели.

Проблема же состояла в том, что скорость проникновения свежего материала под поднимаемую модель зависит от вязкости фотополимера и структуры самого

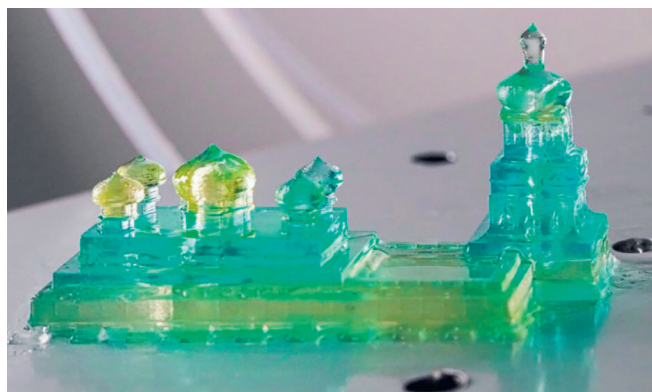


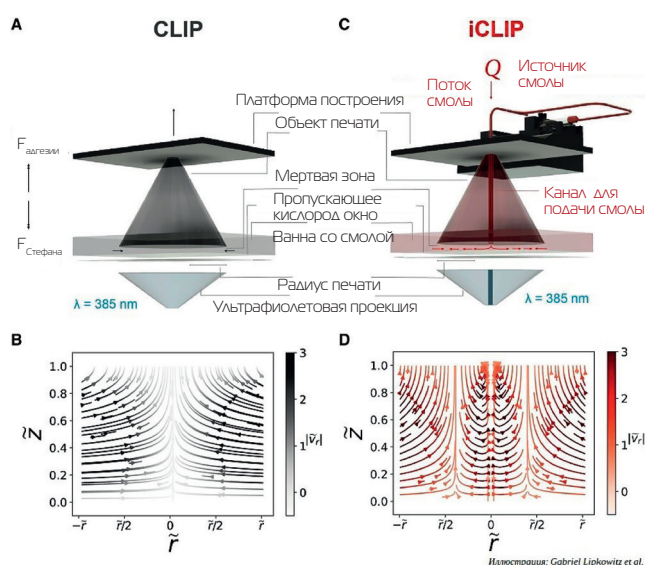
Фото: Стэнфордский университет

изделия — сквозь решетчатые структуры смола проникает без труда, а вот под сплошные стенки просачивается намного медленнее даже при наличии разделительного «мертвого» слоя.

Отсюда и идея нового варианта: если свежая смола с трудом проникает под модель снаружи, то почему бы не помочь изнутри? Решение кроется в названии модернизированной технологии — Injection Continuous Liquid Interface Production, или iCLIP. Основной принцип тот же, но материал попадает под модель не только самотеком, но и принудительно с помощью одного или нескольких инжекторов, установленных на платформе. Эта вспомогательная система накачивает смолу прямо внутрь, а затем под модель по каналам, формируемым внутри изделия во время 3D-печати. Соответственно, на формирование нового слоя активного фотополимера под моделью уходит меньше времени, а общая производительность повышается в несколько раз в сравнении с оригинальной, и без того быстрой методикой. Что еще интереснее, этот вариант позволяет печатать уже не одним, а несколькими фотополимерами в пределах одного производственного цикла.

Возможные области применения технологии варьируются от очень эффективных энергопоглощающих структур до изделий с различными оптическими свойствами и продвинутых датчиков.

Следующая задача ученых — разработка программного обеспечения, позволяющего выжимать из нового процесса все соки: программа должна уметь самостоятельно генерировать необходимые внутренние каналы и управлять подачей нескольких материалов. Как поясняют разработчики, от дизайнеров 3D-моделей не должно требоваться понимание гидродинамических процессов, так что задачу по распределению каналов и управлению потоками программа должна брать на себя. Мультиматериальная 3D-печать тоже требует значительной доработки по предотвращению произвольного смешивания смол.



<https://3dtoday.ru>

НПО «ЗД Солюшнс» — ответ на запрос рынка композиционных материалов для 3D-печати

Дмитрий Миллер, исполнительный директор ООО НПО «ЗД Солюшнс», miller@npozds.ru, +7 499 3501918

Постоянно растет использование композитных материалов для таких применений, как малые архитектурные формы, потребительские товары, товары для отдыха и работы. Ежедневная работа с такими материалами дала специалистам компании НПО «ЗД Солюшнс» компетенции и опыт в сфере производства крупногабаритных изделий методом аддитивных технологий. Поэтому в момент зарождения идеи производства композитной оснастки методом аддитивных технологий в России компания имела все необходимые для реализации проекта компетенции.

Современные инструменты аддитивного производства с большой областью построения достаточно давно замелькали на просторах интернета и социальных сетей

Рис. 1. Кресло, напечатанное на 3D-принтере



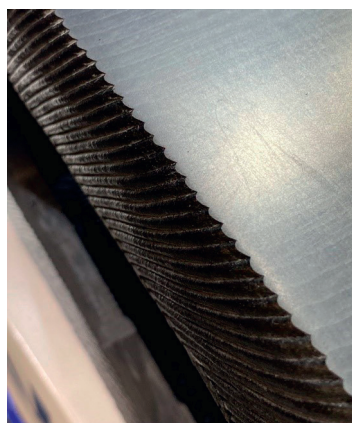
Рис. 2. Материал из линейки PRINTAFORM



(рис. 1), а короткие видео с печатью лодок и даже катера заполнили видеосети. Тут у производителей корпусных изделий совершенно логично возник вопрос: а почему бы не использовать 3D-печать для этих целей? Это позволило бы решить проблему склейки листов дельта-древесины, сократить время изготовления оснастки для выкладки, сделать мастер-модель оптимизированной по весу. Да и технологически процесс выращивания изделия куда более быстрый, чем склейка листов ЛДСП и пр. Но если инструмент для работы в виде большого 3D-принтера и ЧПУ станка на рынке уже был, то с материалами было совсем не так.

Для таких задач, как выращивание изделий аддитивным методом и применение их как оснастки, стандартные композитные марки полимеров не подошли. Поэтому компания НПО «ЗД Солюшнс» провела большую работу в 2021 году и, испытав более 200 различных полимерных композиций, создала материалы, которые отлично подходят под эти задачи. Большой опыт в области полимерных

Рис. 3. Пример напечатанного изделия с отфрезерованной плоскостью



материалов и экструзионных технологий оказался ценным, сделав инструмент для аддитивного производства принципиально новым вариантом.

Спешим представить линейку материалов PRINTAFORM (рис. 2).

В результате применения новых материалов достигнуты:

Оптимизация затрат. В аддитивном производстве главным преимуществом является то, что непосредственные затраты на рабочую силу, эксплуатацию и материалы в совокупности ниже, чем у стандартных крупногабаритных производств.

Качество и одобрение. НПО «ЗД Солюшнс» является поставщиком для производств разных отраслей по всему СНГ. С нашим ассортиментом продукции вы можете ознакомиться на сайте npozds.ru. Помимо серийных материалов мы занимаемся разработкой и производством материалов на заказ с индивидуальными свойствами под конкретную задачу.

Примеры напечатанных изделий представлены на рис. 3, 4. ■

Рис. 4. Напечатанная оснастка со сложной отфрезерованной поверхностью



В сто раз прочнее

Исследователи из Городского университета Гонконга (CityU) придумали способ, как изготавливать 3D-напечатанные полимерные решетчатые детали прочнее, чем раньше.

По сравнению с традиционной термической обработкой, которая укрепляет пластиковые напечатанные объекты за счет способности к деформации, подход CityU в том, чтобы за счет нагрева только частично карбонизировать их. Тщательно контролируя скорость нагрева, температуру, продолжительность и газовую среду процесса пиролиза, ученые обнаружили возможность повысить жесткость, прочность и пластичность микрорешеток за один шаг.

В ходе дальнейших исследований было обнаружено, что соотношение полимера и углеродных фрагментов также имеет важное значение для производства деталей с оптимизированной прочностью и пластичностью. Проверив свою теорию, команда создала несколько тестовых образцов, в которых им удалось разработать карбонизированную решетку, которая в сто раз прочнее и вдвое пластичнее, чем раньше.

Распечатанные на 3D-принтере коронарные стенты, обработанные с использованием процесса частичной карбонизации. Фото: CityU.



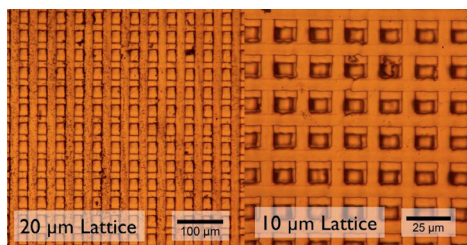
Команда утверждает, что с помощью данного процесса можно реализовать сложные 3D-изделия с механическими свойствами, адаптированными к таким приложениям, как коронарные стенты или биоимплантаты. В качестве дополнительного преимущества «гибридно-углеродная» микрорешетка также продемонстрировала лучшую биосовместимость, чем ее базовый полимер, и даже оказалась более способной поддерживать биологическую активность клеток.

<https://3dprintingindustry.com>

Субмикронная печать

Новый гибридный процесс печати, разработанный исследователями из Амстердамского университета (UvA), обещает ускорить печать смол на субмикронном уровне.

Этот метод сочетает в себе элементы как SLA, так и DLP-печати, при этом быстрая работа с низким разрешением выполняется DLP, а более медленные аспекты с высоким разрешением выполняются сегментом SLA, что обеспечивает как высокую скорость, так и высокое разрешение.



Процесс был разработан доктором Сухасом Навадой, который ранее работал научным сотрудником в Институте молекулярных наук Вант-Хоффа в Университете штата

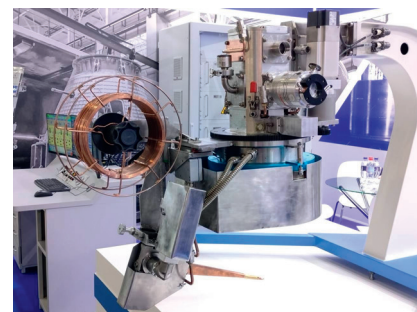
Калифорния. Лицензия на технологию была передана компании atum3D из Гауды через Амстердамскую биржу инноваций (IXA).

<https://3dprinting.com/>

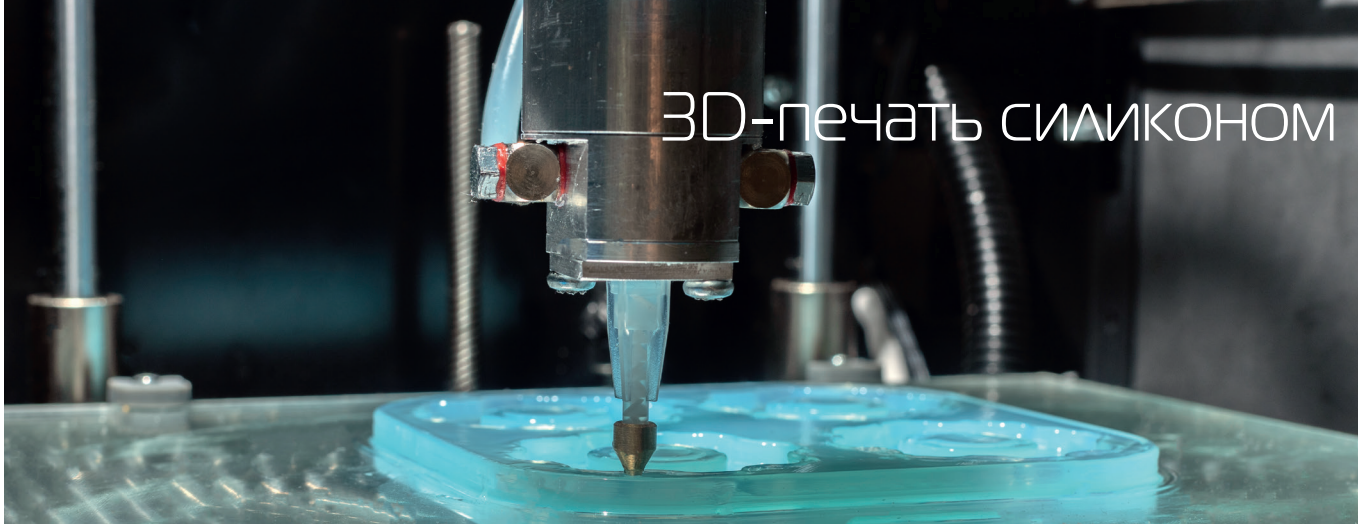
Новая разработка

Опытный образец вакуумного электронно-лучевого 3D-принтера с роботом-манипулятором был представлен в Москве на международной выставке Weldex-2022. Устройство разработали совместно инженеры Пермского национального исследовательского политехнического университета и НИТИ «Прогресс», управляемого входящей в «Ростех» компанией «РТ-Капитал».

Для изготовления деталей по технологии электронно-лучевой наплавки в вакууме используется специальная проволока из алюминиевых сплавов, титана и жаропрочной стали. Использование технологии электронно-лучевой наплавки позволяеткратно увеличить показатель предела прочности детали. Например, для изделий из нержавеющей стали он возрастает на 16%. Кроме того, с помощью 3D-принтера можно получить деталь любой сложности и формы.



<https://www.vesti.ru/>



Мы — команда Epoxy Print — стартап из Санкт-Петербурга, специализация которого 3D-печать силиконом RTV и полиуретаном. Наш продукт — собственный 3D-принтер и запатентованная технология печати, позволяющая получать уникальные детали из эластичных и химически стойких материалов.

Основное внимание на сегодняшний день мы уделяем печати силиконом, ведь у этого материала есть масса преимуществ — он не токсичен, имеет широкий диапазон твердости, от 20 до 80 по шкале Шора А, у силикона высокая термическая и химическая стойкость. Наш материал способен полноценно заменить резину, в отличие от резиноподобных пластиков FLEX для FDM-печати, его можно успешно применять для изготовления уплотнений, патрубков, манжет, демпферов. Также силикон подойдет для создания литейных форм, мягкой робототехники и медицинских изделий.

3D-печать силиконом имеет огромную выгоду при изготовлении небольших партий. Классические технологии литья резины или вырубка с помощью штампов требуют огромных затрат по финансам и времени, а также они ограничены в выборе геометрии. Технология 3D-печати силиконом уменьшает время и стоимость производства в десятки раз, открывая возможность экспериментировать с конструкцией деталей, позволяет заказывать индивидуальные изделия, и за считанные дни менять вышедшие из строя уплотнения.

Разработанную технологию мы назвали — Resign deposition modeling (RDM), она использует многокомпонентные материалы, изначально находящиеся в жидком состоянии, но твердеющие при смешивании, такие как: силиконы, полиуретаны, эпоксидные смолы. Устройство RDM-принтера напоминает классический FDM по кинематике и способу формирования детали. Установка послойно наносит материал с помощью экструзии, но вместо пластика в печатающую головку подаются жидкие компоненты.

Главное отличие RDM от FDM-печати в том, что материал твердеет не в процессе понижения температуры, а в процессе химической реакции между компонентами, которые во время печати смешиваются непосредственно

перед нанесением и отверждаются уже в составе детали. Принципиальным моментом является время печати, оно рассчитывается специально, чтобы слой, на который будет наноситься материал успел набрать прочность и стал достаточно твердым, чтобы не растечься под тяжестью следующего слоя, но оставался химически активным и способным прореагировать с только что нанесенным материалом. В результате химической реакции слои, в процессе отверждения, надежно «сшиваются» друг с другом, приближая прочность стыка к прочности самого материала.

Данная особенность приводит к существенному снижению анизотропии детали по сравнению с многими видами печати, а также значительно повышает прочность напечатанных изделий, приближая их к прочности деталей из композитных материалов. Таким образом наша технология позволяет получать высокопрочные и функциональные изделия для различных условий эксплуатации.

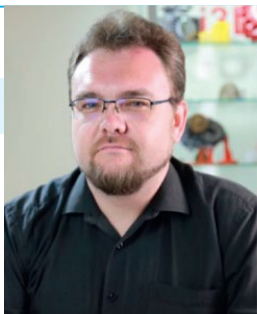
Технология RDM обладает большим потенциалом, ее разработка ведется при поддержке Фонда содействия инновациям, а компания является резидентами инновационного центра «Сколково». На конкурсе стартапов Energy HUB проводившемся в ИТМО при поддержке «Энерготехнохаб Петербург» и «Газпром нефти» идея использовать 3D-печать силиконом и полиуретаном для производства уплотнений энергетического сектора стала лучшей и была высоко оценена со стороны компаний.

В данный момент у команды имеется большой опыт работы с литьем, композитами и 3D-печатью. Изготовлены несколько 3D-принтеров на которых успешно выполняются коммерческие заказы.

Команда Epoxy Print готова к сотрудничеству. Мы решим Ваши задачи по изготовлению любых уплотнений и эластичных изделий. ■

Подробности о возможностях компании можно найти на нашем сайте <https://printsilicon.com> или в группе <https://vk.com/printsilicon>, а вопросы задать по почте info@printsilicon.com или телефону +7 (812) 219 59 90.

DLP-процесс — высокоточная печать керамикой и металлами



Антон Лихтнер, руководитель направления керамической 3D-печати в компании i3D

Первые изделия из грубой керамики появились более 30 тысячелетий назад, когда человечество научилось спекать глину, по сути, создав первый в истории искусственный материал. Так зародилась гончарная керамика. С тех пор технологический процесс неуклонно развивался, и сегодня нам доступна техническая алюмооксидная, циркониевая, карбидная, нитридная, пьезокерамика, металлокерамика и прочее.



Описание технологического процесса

Современные технологические процессы обработки керамики предполагают как фрезеровку, так и спекание. Если отфрезеровать оксид алюминия получается относительно легко, то с диоксидом циркония уже возникают проблемы. Карбид кремния же по твердости немного уступает алмазу и субтрактивно не обрабатывается. Из-за высокой твердости многих

керамик возможности субтрактивной обработки сильно ограничены. Поэтому для современного производства изделий высокой твердости и сложной геометрии используются в основном шликерные технологии. В качестве сырья выступает порошок и связующее, а уже сформованная деталь запекается в высокотемпературной печи при температурах 1200–2500°C.

Процесс формообразования изделий сложной геометрии из керамики (рис. 1) предполагает либо аддитивное выращивание (DLP-процесс, штучное, мелко- и среднесерийное производство), либо инъекцию шликера в пресс-формы (MIM/CIM технологии, крупносерийное производство). 3D-печать использует вариант связующего на основе фотополимерной смолы, что в комплексе с DLP-проектором высокого разрешения дает возможности формообразования практически любой требуемой геометрии не столько с ювелирной, сколько с прецизионной точностью. Сравнение

MIM/CIM технологий с DLP-процессом выглядит, как сравнение термопластавтомата и 3D-принтера — разные задачи, серии и различная стоимость подготовки производства.

Основные преимущества 3D-печати известны:

- можно быстро и относительно недорого изготовить детали с геометрией высокой сложности;
- оснастка для производства не требуется;
- полностью цифровое проектирование геометрии и возможность вносить корректировки в геометрию конечных изделий в минимальные сроки.

Сам процесс 3D-печати вязкими суспензиями, содержащими керамику или металлы, похож на ставшую уже повседневной фотополимерную технологию DLP/LCD. Специальный ракедь выравнивает суспензию в рабочей зоне после засветки каждого слоя (рис. 2).

Лабораторная аддитивная установка для печати керамикой

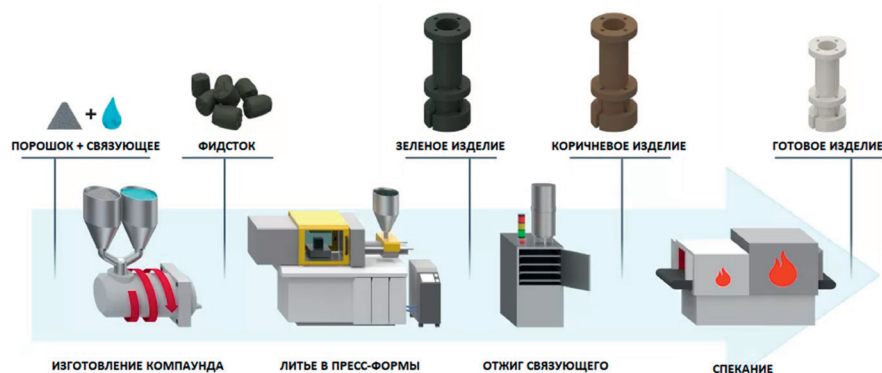


Рис. 1.

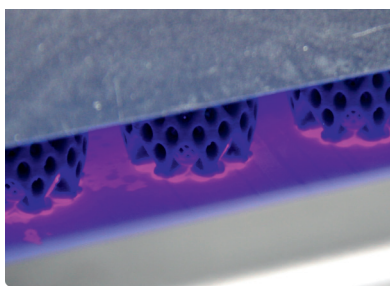
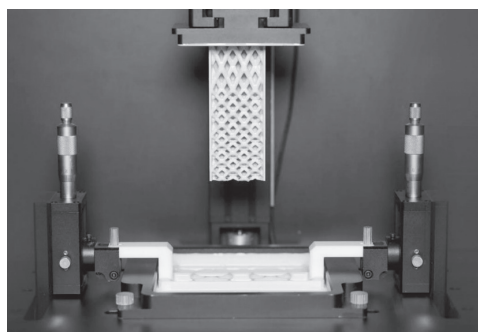


Рис. 2.

материала), и как вакуумный изолятор (материал имеет максимальную плотность). Характеристики внутренней структуры полностью спеченного изделия определяются фракционным составом исходного порошка и параметрами этапов термической обработки. Под каждую задачу подбирается оптимальная порошковая композиция с нужным химическим и гранулометрическим составом.

Конечные свойства полностью спеченных изделий с максимальной плотностью приведены в таблице.

Область применения технологии

DLP-процесс 3D-печати керамическими суспензиями может использоваться в первую очередь для печати конечных изделий: огнеупоров, изоляторов, форсунок, различных элементов ТРД, микропомп, теплообменников, фильтров и других конструктивных деталей, находящихся под тепловыми, электромагнитными, коррозионными и механическими нагрузками (рис. 4).

Также присутствует возможность прямой печати керамических оболочковых форм. Для изготовления стержней и формообразующих поверхностей используется суспензия на основе диоксида кремния (SiO_2) или оксида алюминия (Al_2O_3). Для упрощения процесса

может печатать объекты величиной $96 \times 54 \times 100$ мм с пикселем 50 мкм. Установка для мелкосерийного производства может печатать объекты размером $136 \times 76 \times 200$ мм с пикселем 35 мкм. Установка для среднесерийного производства имеет область печати $600 \times 600 \times 300$ мм, размер пикселя — 21,6 мкм.

Доступные для применения материалы

В качестве расходных материалов для DLP-процесса используются суспензии, состоящая из специальной фотополимерной смолы и порошка-наполнителя. В качестве наполнителя может использоваться множество функциональных кон-

струкционных материалов. Это низкотемпературная керамика LTCC; высокотемпературная керамика Al_2O_3 , ZrO_2 , SiO_2 ; сверхвысокотемпературная керамика AlN , Si_3N_4 , SiC ; медицинская керамика ТСП, HA, Bioglass; чистые металлы и сплавы: стали 316L и 17–4 PH, Inconel, Cu, Mo. Также в качестве наполнителя могут выступать всевозможные металлопорошковые композиции (рис. 3).

Помимо химического состава исходного порошка присутствуют показатели пористости и вакуумной плотности конечных изделий. Один и тот же оксид алюминия Al_2O_3 может использоваться и как стержень для заливки металла (требуется высокая пористость

Рис. 3.



Таблица

	Al_2O_3	ZrO_2	316L	17-4 PH	Inconel 625	Cu
Плотность (г/см^3)	3,9	6,06	8,04	7,81	8,4	8,75
Модуль Юнга (ГПа)	360	210	190	190	205	130
Прочность на изгиб (МПа)	400	600–1000	510	1100	1100	200
Сопротивление на излом (МПа)	3,5	6–9	–	–	–	–
Твердость по Виккерсу (HV)	1600 (HV30)	1200 (HV30)	120 (HV10)	370 (HV10)	145–220 (HV10)	100 (HV10)
Теплопроводность, Вт/ ($\text{м}^2 \cdot \text{К}$)	30	2–3	15,9	14	10	360
Коэффициент теплового расширения 10^{-6} К^{-1}	7–8	10	17	10,8	12,8	13
Электрическое сопротивление, Ом/м	1012	108	–	–	–	–

Рис. 4.

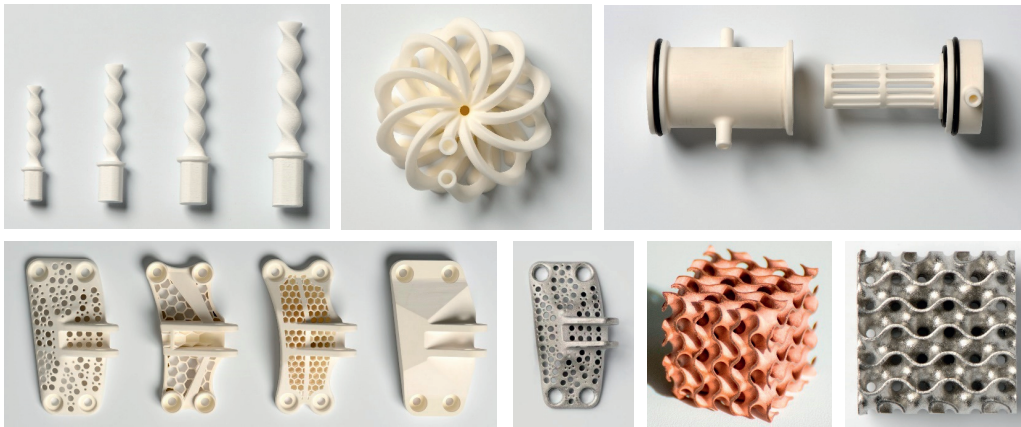


Рис. 5.



удаления стержней после заливки используется специальная модификация суспензии, которая позволяет получать пористую внутреннюю структуру (рис. 5). Шероховатость поверхности Ra полностью спеченных стержней составляет от 1 до 10 мкм в зависимости от задач и исходного сырья.

Не менее важная сфера применения DLP-процесса — печать индивидуальных дентальных и остеоимплантов из биоинертной и биоразлагаемой керамики (рис. 6). Эксперименты Шанхайского института керамики показали

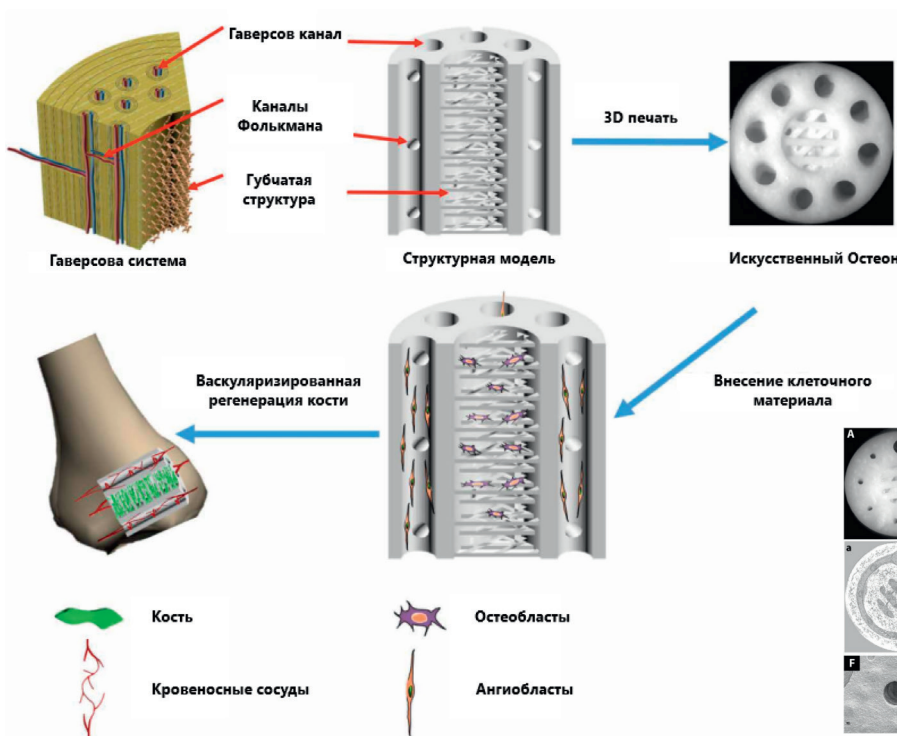
высокую пригодность искусственных гаверсовых каналов для роста остеобластов и ангиогенных клеток. Исследователи установили, что биокерамический каркас, имитирующий гаверсову кость, с применением системы совместного культивирования RBMSC-RAEC ускорял образование новой кости и новых кровеносных сосудов в дефектах бедренной кости кроликов.

Состояние рынка

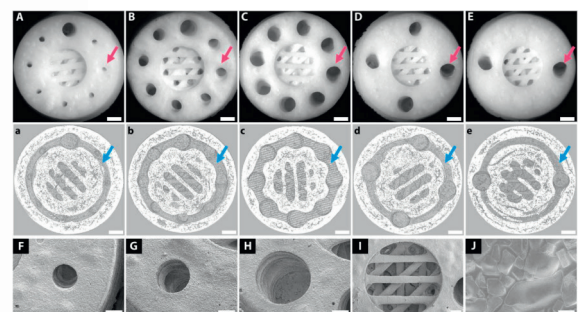
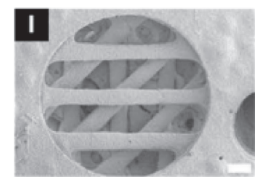
В начале 2022 года на российском рынке официально были

представлены 3 производителя 3D-принтеров для печати керамикой: ADMATEC, 3DCERAM и LITHOZ. Помимо них существует более десятка компаний, разрабатывающих альтернативные технологии аддитивного производства керамических изделий, которые в России не представлены по тем или иным причинам. После введения очередного пакета санкций правительствами западных стран прямые официальные отгрузки прекратились. Результатом стала переориентация рынка на отечественное оборудование и поставки из дружественных стран, не

Рис. 6. Схематическая диаграмма гаверсовской модели костного каркаса, моделирование, печать, рост остеобластов и ангиогенных клеток



Биомиметические костные каркасы с различной структурной конструкцией



подверженные санкционным рискам. Отдельно сформировался запрос рынка на расходные материалы отечественного производства. На сегодняшний день на

российском рынке официально представлен лишь один производитель серийных 3D-принтеров для печати керамикой — AM.TECH (производственный проект россий-

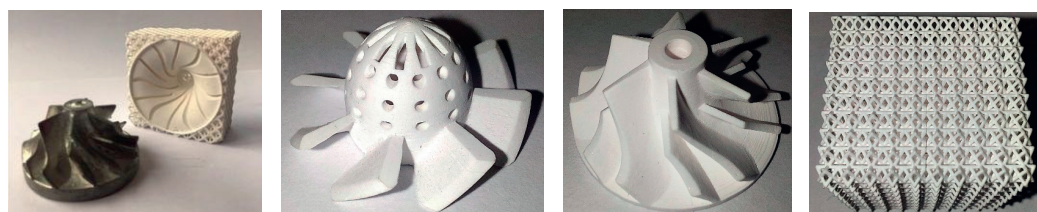
ской компании i3D — «НПО «3D-Интеграция»). В линейке оборудования — керамические принтеры, направленные на решение широкого спектра задач:



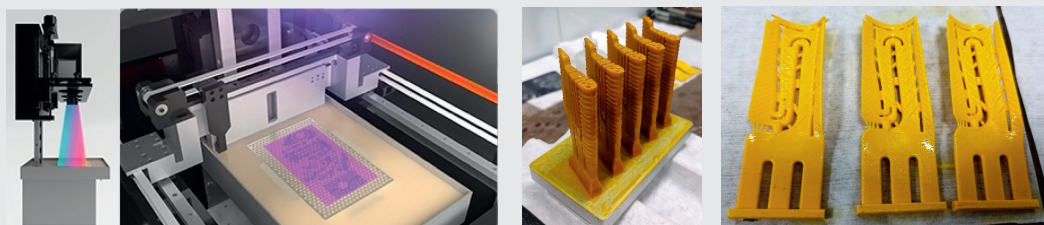
- **AM.TECH C-100** — базовая модель для проведения лабораторных исследований. Область печати 96×54×100 мм, пиксель 50 мкм. Излучающий DLP-проектор установлен снизу. Засветка происходит сквозь прозрачное дно рабочей ванны, с внутренней стороны которой расположена сменяемая защитная пленка. Построение модели осуществляется вверх. За счет этого в рабочей ванне требуется поддержание минимального количества рабочей суспензии 10–20 см³, что существенно упрощает и ускоряет смену рабочего материала и не требует его изготовления или хранения в большом количестве.



- **AM.TECH C-136** — оптимальная модель для проведения лабораторных исследований. Область печати 136×76×200 мм, пиксель 35 мкм. Излучающий DLP-проектор установлен снизу. Засветка происходит сквозь прозрачное дно рабочей ванны, а построение модели осуществляется вверх аналогично модели C-100. Однако, в отличие от младшей модели, C-136 имеет большую зону засветки и более высокое разрешение. Для работы требуется 20–40 см³ суспензии в рабочей ванне.

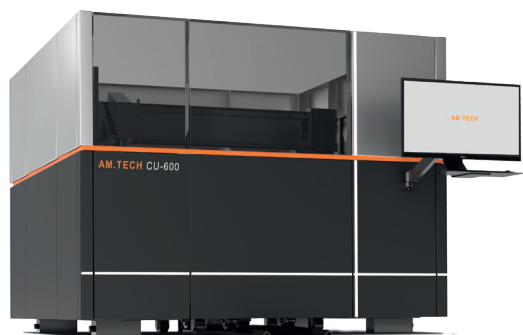


- **AM.TECH CU-136** — модель для мелкосерийного производства. Область печати 136×76×200 мм и размер пикселя 35 мкм аналогичны модели C-136, однако излучающий DLP-проектор установлен сверху, а засветка рабочей суспензии происходит на границе сред воздух–суспензия. За счет этого достигается высокая и качественная светопередача и более стабильный результат засветки внутренней структуры. Построение модели осуществляется вниз, в емкость с рабочей суспензией. Это гарантирует невозможность отрыва изделия от рабочей платформы под собственным весом вне зависимости от его массы.



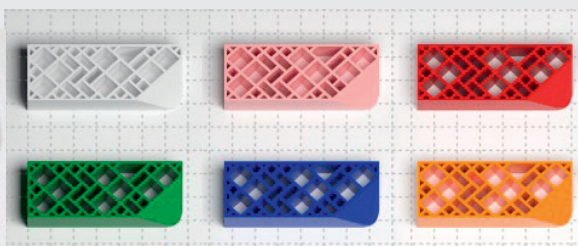
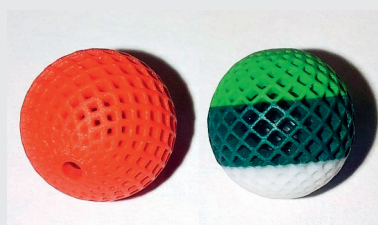
- **AM.TECH CU-600** — модель для серийного производства.

Область печати 600×600×300 мм, пиксель 21,6 мкм. Излучающий DLP-проектор установлен сверху, засветка рабочей суспензии происходит на границе сред воздух–суспензия, а построение модели осуществляется вниз, аналогично модели CU-136. Высокая стабильность результата засветки рабочей суспензии в комплексе с высочайшим разрешением и большой областью печати идеально подходят для серийного производства. Засветка рабочей области происходит частями, а скорость перемещения DLP-сканатора составляет 2 м/с.



- **AM.TECH SMULTI-100** — исследовательская установка.

Базовая область печати 96×54×100 мм с размером пикселя 50 мкм. Разрешение и рабочее поле могут быть увеличены до требуемых размеров в диапазоне существующих лабораторных и производственных моделей. Модель SMULTI-100 поддерживает одновременную печать тремя разными материалами во всех XYZ плоскостях. При необходимости количество поддерживаемых материалов может быть увеличено до 5. Излучающий DLP-проектор установлен снизу. Засветка происходит сквозь прозрачное дно рабочей ванны, с внутренней стороны которой расположена сменяемая защитная пленка. Построение модели осуществляется вверх.

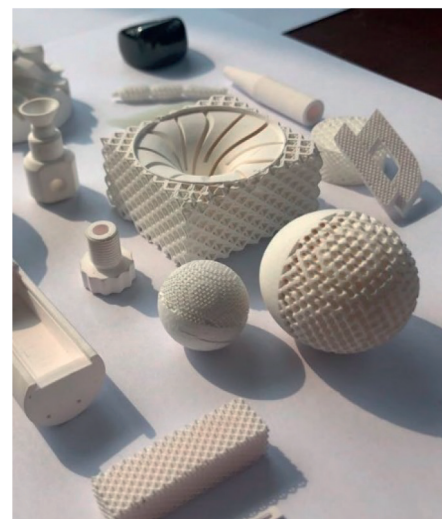


Возможности аддитивных установок AM.TECH CERAMIC

Минимальная толщина печатаемых стенок составляет 3 пикселя, или 65–150 мкм. Скорость печати — 100–200 слоев в час. Толщина слоя — от 10 до 500 мкм. Пошаговое руководство (встроенный алгоритм) для разработки собственных расходных материалов. Полностью открытая система с доступом ко всем настройкам печати, включая параметры экспозиции.

Функция автоматического нагрева суспензии. Автоматическая подача материала в процессе печати. Удаленный контроль процесса печати. Автоматическое обнаружение сбоев во время печати.

Расходные материалы на основе оксида алюминия, полностью произведенные на территории России, уже проходят первые испытания. По требованию заказчика может быть разработан специальный материал с требуемым химическим составом и свойствами.



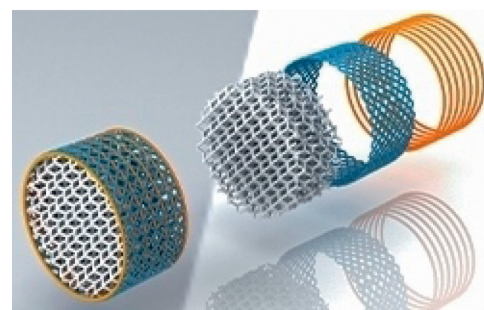
Заключение

Потенциал DLP-процесса 3D-печати композитными суспензиями и материалами с программируемыми свойствами позволяет организовать производство компонентов различных систем требуемого качества и с высокой точностью. В дополнение присутствуют возможности по комбинированию различных материалов с трехмерной топологической оптимизацией, сочетание которых при использовании любых субтрактивных и большинства аддитивных технологий производства весьма затруднено.

Изготовление горячей камеры малогабаритного ЖРД с корпусом из инконеля или бронзы и с внутренними каналами охлаждения, стенки которых выполнены из меди, для DLP-процесса вполне посильная задача. Равно как и изготовление геометрически сложных изделий из различных

оксидов, карбидов, нитридов и боридов титана, вольфрама, ниобия, тантала, ванадия, молибдена, алюминия, циркония, кремния, железа и многих других элементов. Существует возможность выращивания подложек печатных плат с уже разведенными дорожками медных проводников. Использование окрашенных суспензий диоксида циркония позволяет печатать зубные коронки, цветовая гамма которых идентична оттенкам эмали зубов пациента.

DLP-процесс на сегодняшний день обладает широчайшими возможностями по использованию огромного числа материалов для изготовления конечных изделий с высочайшей точностью и качеством поверхности. Они найдут применение во многих инновационных и импортозамещающих проектах в сфере приборостроения, авиации, космоса, атомной энергетики и оборонной промышленности. ■



Основным направлением деятельности группы i3D является системная интеграция промышленных 3D-решений, а также проектирование, реализация и поддержка всех видов проектов, связанных с 3D-решениями. i3D является эксклюзивным дистрибьютором ведущих и известных 3D-производителей инженерного оборудования, программного обеспечения и расходных материалов.



Более подробную информацию можно получить по запросу.
Контакты для связи: 3D@i3D.ru



Вишневский Михаил, продакт-менеджер направления Аддитивные технологии

Компания «Джетком» более 15 лет занимается внедрением технологий трёхмерной печати и сканирования в производственные, исследовательские и образовательные процессы ведущих организаций России. Наша цель — повысить эффективность работы клиентов за счёт тех возможностей, которые открывает аддитивный метод производства.

Поддержка на каждом этапе сотрудничества

В начале общения с клиентом мы оцениваем задачи и текущий способ их решения. Как правило, наши партнёры используют традиционные методы производства — механическая обработка, литьё и т.д. Но когда необходимо получать малые и средние партии деталей, целесообразно рассмотреть применение аддитивных технологий. Их преимущества заключаются в ускорении разработки продукции, снижении себестоимости изделий, возможности изготавливать сложные геометрические формы. Иными словами, мы говорим об оптимизации процессов исследований и производства.

По результатам анализа мы совместно подбираем оптимальную технологию 3D-печати, тип материала и модель принтера. Убедиться в правильности выбора клиенты могут путем тестовой печати на оборудовании, поставляемые принтеры представлены в демонстрационном зале и всегда доступны для презентации.

В нашем штате — технические специалисты, сертифицированные производителями продукции. На этапе внедрения техники инженеры осуществ-

вляют пуско-наладку и проводят обучение работе с оборудованием, в дальнейшем пользователи могут самостоятельно использовать установленные машины.

Наши клиенты пользуются сервисной поддержкой в течение всего срока эксплуатации. Мы оказываем гарантийное и послегарантийное обслуживание поставленной техники и оперативно отвечаем на запросы благодаря поддержанию собственного склада расходных материалов и запасных частей.

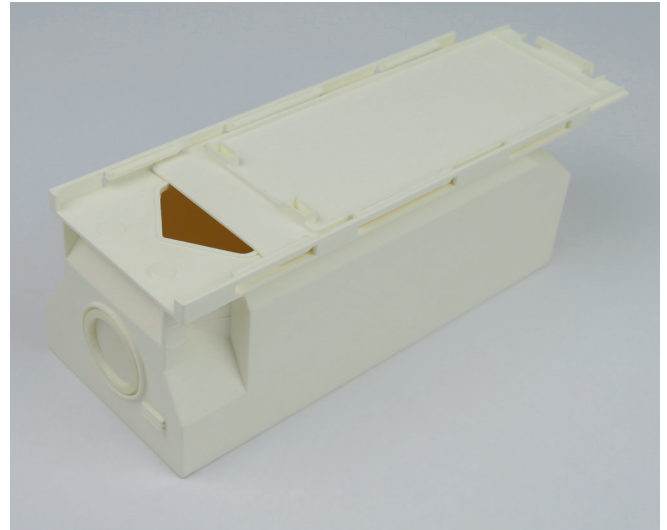
3D-принтер fabWeaver A530 (Sindoh, Южная Корея)



Функциональная шестерня, выполнена из тугоплавкого PPS пластика



Бункер для тонера в сборе, выполнен из ABS пластика



Наш ассортимент

Мы стремимся находить оптимальные решения для каждого клиента, вне зависимости от задач и опыта использования 3D-оборудования. Поэтому в нашем портфолио можно найти как устройства начального уровня, так и сложные промышленные системы. Среди доступных материалов печати — пластики, фотополимеры, металлы.

Наша техника позволяет справляться с проектами разной степени сложности, в числе которых исследование материалов, изготовление макетов, опытных образцов, модельной и литьевой оснастки, конечных изделий.

Принтеры начального уровня — доступное решение для тех, кто начинает знакомиться с 3D-печатью. Устройства просты в использовании и обслуживании, компактны, могут быть установлены в любом помещении. Такие принтеры пользуются особой популярностью у образовательных учреждений, так как позволяют развивать творческое мышление и навыки проектирования у детей и студентов.

С опытно-конструкторскими бюро, исследовательскими центрами, производственными предприятиями мы сотрудничаем по направлению промышленных 3D-принтеров. Техника этого класса отличается большой областью построения (размер изделий доходит до 1000×1000×1000 мм), производительностью, точностью печати и возможностью использовать высокопрочные и термостойкие материалы. Мы поставляем промышленное оборудо-

вание для решения задач по изготовлению изделий из конструкционных пластиков и металлов.

Отдельным направлением работы являются профессиональные 3D-сканеры, предназначенные для оцифровки физических объектов, формирования цифровых архивов, реверс-инжиниринга, контроля геометрии. В комбинации с 3D-принтерами сканеры позволяют осуществлять полный цикл производства — от создания цифровой модели до непосредственного изготовления изделия.

Преимущества работы с нами

- Штат высококвалифицированных специалистов с многолетним опытом работы на рынке профессионального и промышленного 3D-оборудования.
- Мы реализовали сотни промышленных проектов в сотрудничестве с предприятиями оборонной, автомобильной, аэрокосмической, медицинской и других отраслей.
- Собственный сервисный центр и склад расходных материалов и комплектующих. Техническое сопровождение на каждом этапе сотрудничества.
- Демонстрационный зал в Москве.
- Работаем по всей России. ■

Наши контакты:

Адрес центрального офиса:

Москва, ул. Стартовая, 13, стр. 1

Телефон: +7 (495) 739-09-09

E-mail: otdel3d@jetcom.ru, сайт: www.jetcom-3d.ru

Применение рентгеновской компьютерной томографии компании Sanying в аддитивных технологиях

Аддитивные технологии являются важным фактором в совершенствовании технологического процесса изготовления деталей сложной формы.

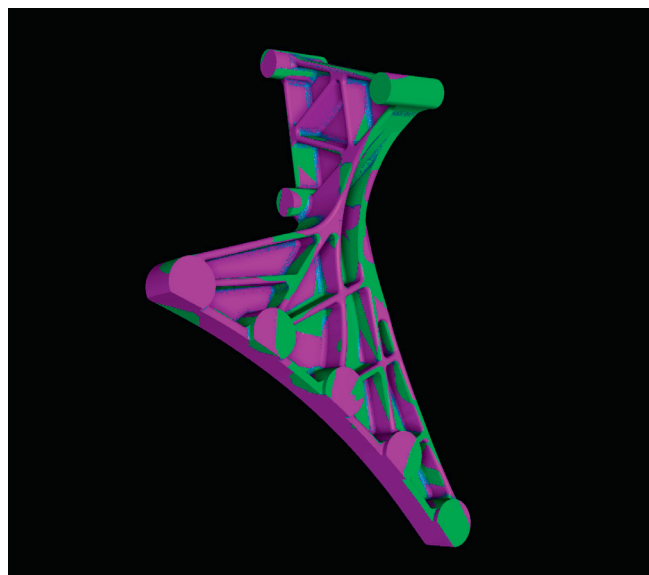
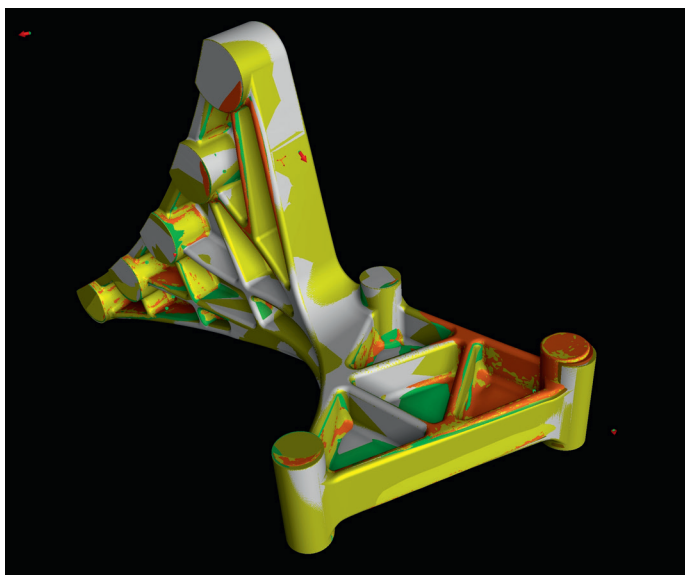
Компьютерная томография является неразрушающим методом и позволяет исследовать детали любой формы. По результатам сканирования объекта в программном обеспечении томографа строится трехмерная модель, на основании которой в дальнейшем можно создать аналогичную деталь на 3D-принтере. Имеется возможность произвести повторное сканирование детали после ее изготовления на 3D-принтере и сравнить ее геометрию с моделью, созданной в САПР (система автоматизированного проектирования). Результаты сравнения позволяют оценить качество печати, замерить усадку материала и при необходимости скорректировать технологию печати изделия.

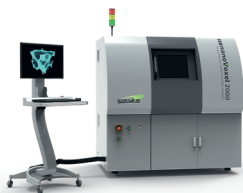
Метод компьютерной томографии также дает возможность воссоздать уже изношенные детали и контролировать качество изготовления новых деталей, которые были произведены аддитивным методом.

Одним из мировых лидеров в производстве томографов, является компания Sanying, в модельном ряду которой представлены самые различные системы компьютерной томографии для решения широкого круга задач:

- настольная система микротомографии;
- метрологическая система микротомографии со сверхвысоким разрешением и рентгеновским микроскопом;
- метрологическая система микротомографии высокой мощности;
- система микротомографии с двумя рентгеновскими трубками;
- универсальный промышленный томограф высокой мощности;
- метрологический томограф;
- горизонтальный томограф для исследования полноразмерных кернов;
- мобильный горизонтальный томограф для исследования полноразмерных кернов;
- томограф с ламинографией для печатных плат.

Рис. Усреднение 3D-моделей





СИСТЕМЫ
МИКРОТОМОГРАФИИ



СИСТЕМЫ
ПРОМЫШЛЕННОЙ ТОМОГРАФИИ



СИСТЕМЫ
ТОМОГРАФИИ ДЛЯ КЕРНОВ



СИСТЕМЫ ТОМОГРАФИИ
ДЛЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Системы томографии Sanying различаются по пространственному разрешению, техническим параметрам и возможностям исследования объектов с различными габаритами, рентгеновской плотностью и т.п. Имеют широкий набор опций, в том числе полностью изменяемую геометрию «источник – образец – детектор», широкий энергетический диапазон, большой набор детекторов и рентгеновских трубок, от недорогих до самых продвинутых и мощных – например, трубки с нанофокусом, микрофокусом и/или минифокусом. Также может быть реализована возможность совмещения системы томографии с машинами для механических и/или температурных испытаний, что позволяет осуществлять непрерывное сканирование и исследование объекта в момент проведения испытания. Данные виды испытаний называют полноценной 4D-томографией. ■



МатериалогRAFIA Аналитика Испытания



Москва
info@melytec.ru
+7 (495) 781-07-85

Санкт-Петербург
infospb@melytec.ru
+7 (812) 380-84-85

Екатеринбург
infoural@melytec.ru
+7 (343) 287-12-85

Усть-Каменогорск
infokz@melytec.ru
+7 (7232) 41-34-18

Таллин
info@melytec.ee
+372 (5) 620-32-81

www.melytec.ru
www.melytec-testing.ru



Рис. Сетка, построенная по методу конечных элементов

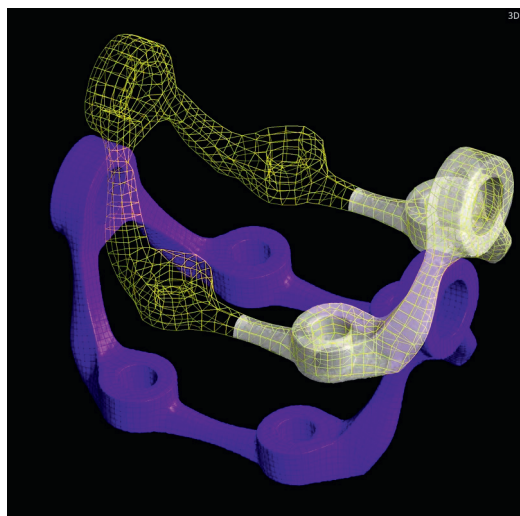
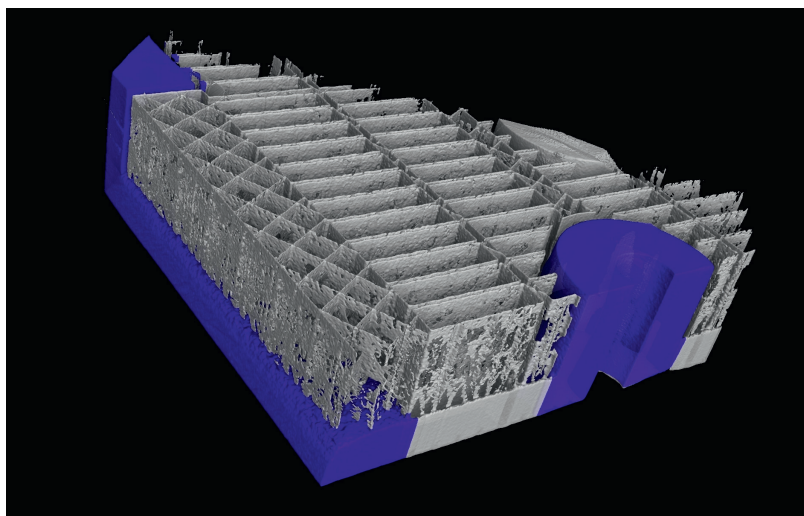


Рис. Анализ пористости в зоне интереса



24–27.10.2022

ТЕХНОФОРУМ

12+



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



ТСП РФ



«Оборудование и технологии
обработки конструкционных материалов»

Россия, Москва,
ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

 ЭКСПОЦЕНТР

www.technoforum-expo.ru

24–27 октября 2022 года в павильонах № 1 и № 3 ЦВК «Экспоцентр» состоится **международная специализированная выставка оборудования и технологий обработки конструкционных материалов «Технофорум–2022»**, обладающая знаками Всемирной ассоциации выставочной индустрии (UFI) и Российского союза выставок и ярмарок (РСВЯ).

Мероприятие входит в программу **Российской промышленной недели**.

Выставка «Технофорум» проводится в рамках проекта «НТИ-Экспо» и организована АО «Экспоцентр» при поддержке Министерства промышленности и торговли РФ, Комитета Государственной думы Федерального собрания Российской Федерации по науке и высшему образованию, под патронатом Торгово-промышленной палаты РФ.

Ключевые компании отрасли продемонстрируют комплексные системы высокотехнологичного оборудования для основных перерабатывающих отраслей промышленности, станочные системы для обработки металла, дерева, камня, композиционных и полимерных материалов, робототехнику и автоматизацию производства, сварочные, аддитивные технологии, композитные материалы.

Выставка «Технофорум» и мероприятия ее деловой программы предоставят специалистам возможность ознакомиться с инновационными разработками и идеями в области обработки конструкционных материалов, выбрать необходимый инструмент и оборудование для решения конкретных производственных задач. Большое преимущество проекта также состоит в том, что профессиональные посетители экспозиции могут не просто проконсультироваться со специалистами, а увидеть новейшее оборудование в действии и даже попробовать на нем поработать.

Свои инновационные решения на площади свыше 4 000 кв. м продемонстрируют порядка 100 компаний — производителей, фирм-дистрибьюторов, центров науки и технологий.

Будут представлены такие компании, как: 3D CONTROL, «Аркон», «Атлас Копко», «АВГ Технологии», «Барус», «Балт-Систем», «Вебер Комеханикс», ГК «ПроТехнологии», ГК «Станко», ГК «КОСКО», «Интехника», Липецкое станкостроительное предприятие, «Пегас», «Пумори-Инжиниринг Инвест», «Росмарк-Сталь», «Монолит», НПК «МСА», НПК «Дельта-Тест», «Шарплэйз», «Хорнрус» и многие другие.

В этом году впервые свою экспозицию с оборудованием продемонстрирует компания «КАМИ» в отдельном павильоне № 3.



Традиционно на выставке будет организован **раздел «Наука, профильное образование и производство»**. Среди участников – ведущие технические университеты России: Московский авиационный институт и НИТУ «МИСиС», которые ознакомят будущих специалистов с программами по подготовке и переподготовке инженерно-технических кадров, а также предложат проекты технического оснащения учебных центров, интеграции образовательного процесса и производства.

Деловая программа выставки «Технофорум–2022» качественно дополнит ее экспозицию, делая акценты на наиболее востребованные отечественной промышленностью темы. Ключевыми событиями деловой программы, организатором которой выступит АО «Экспоцентр», станут:

- **Круглый стол «Экосистема развития регионов»** (Rena Solutions);
- **Конференция «Как они это делают: производство металлообрабатывающих станков и инструмента в РФ»** (ООО «Онлайн-Металворкинг»);
- **Конференция «Компетенции в сфере оборудования, услуг и технологий, накопленные за предыдущие годы, и демонстрация компетенций, которые еще не заняли устойчивые положения на рынке металлообработки в 2022 г.»** (ООО «Станки-Экспо»).



Подробную информацию и контакты сможете найти на сайте, перейдя по QR-коду.

Ждем вас на выставке «Технофорум–2022»!

Аддитивное производство в России в новых условиях

Владимир Сорокин

Современный непростой период развития отечественной экономики, беспрецедентные санкции заставляют профессиональное сообщество искать адекватные шаги по продвижению и развитию аддитивных технологий. Теме «Развитие аддитивного производства в России в современных реалиях» была посвящена VI международная конференция по аддитивным технологиям, которая прошла в технопарке «Калибр» 15 сентября 2022 года (рис. 1–3, 10). Речь, в частности, шла о мерах государственной поддержки, подготовке и переподготовке кадров, импортозамещении.

Меры господдержки

Евгений Мягков, заместитель генерального директора Московского фонда поддержки промышленности и предпринимательства, выступил с сообщением о мерах финансовой поддержки Фонда для компаний в области аддитивных технологий (АТ). Фонд является подведомственной организацией Департамента инвестиционной и промышленной политики города Москвы. Фонд реализует свою деятельность в рамках двух основных программ: «Льготные целевые займы», когда кредитором выступает сам фонд, и «Компенсации части процентных платежей по кредитам». Займы предоставляются на срок до 5 лет, размером до 300 миллионов рублей. Доля займа в финансировании проекта не более 70%. Ставка займа устанавливается как ключевая ставка банка России «минус» 3% (1,5%) — зависит от вида обеспечения. Чтобы получить кредит, компания-заявитель должна соответствовать критериям фонда. Предприятие должно быть локализовано в Москве, иметь на территории города производственную базу. Полученные финансовые средства организация может потратить на приобретение оборудования, закупку материалов, приобретение программного обеспечения. Вторая программа, «Компенсации платежей по кредитам», заработала в 2022 году, с её помощью предприятие может сократить до 3% выплат банку-кредитору. Для высокотехнологичных компаний, в том числе занимающихся аддитивными технологиями, требования значительно мягче, в том числе по коли-



Рис. 1. Конференция

честву занятых сотрудников, при этом экономия на процентах позволит предприятию привлекать дополнительные кадры и развивать производство.

Екатерина Галанова, заместитель директора Центра управления лидерскими проектами, Агентства стратегических инициатив (АСИ) рассказала о мерах поддержки высокотехнологичных решений, к которым относятся проекты в области аддитивных технологий. В настоящее время в портфеле АСИ более 150 проектов для тиражирования и внедрения. В 2022 году центр расширил тематический спектр и стал рассматривать проекты в области экологии, качества жизни, управления человеческими ресурсами и образования.

Для того, чтобы проект был принят к рассмотрению, необходимо подать онлайн-заявку на сайте центра, после чего проводится двухуровневая экспертная оценка. Главными критериями отбора являются зрелость проекта — наличие технологических решений, готовых к внедрению, актуальность, уникальность, конкурентные преимущества. После успешного прохождения первого уровня экспертизы проект выносится на обсуждение рабочей группы, где инициаторы могут выступить с презентацией и дополнительно рассказать о привлекательных сторонах их проекта. В состав экспертов приглашаются представители банков, крупных промышленных объединений и вузов.

В течение первого года реализации сотрудники центра осуществляют сопровождение проекта, после чего начинается этап мониторинга, при этом поддержка проекта продолжается по мере появления необходимости.

В целом поддержка высокотехнологичных проектов осуществляется по пяти направлениям:

1. Экспертиза и консалтинг.
2. Помощь в продвижении на рынках и в сфере деятельности.
3. GR-поддержка при взаимодействии с органами государственной власти.
4. Акселерация и развитие команды.
5. Участие в деловых мероприятиях.

Экспертиза и консалтинг выполняются по широкому диапазону направлений: государственная поддержка, актуальные финансовые программы, помощь в надлежащем документальном оформлении проекта для подачи в финансовую организацию, содействие в разработке финансовой модели и бизнес-плана, консультации по выходу на зарубежные рынки. Даются необходимые пояснения по тому, как наиболее оптимальным путем войти в ту или иную программу государственной поддержки.

Центр в настоящее время работает с более, чем 30 крупными компаниями, наработан значительный опыт по продвижению проектов в регионах. Успешно работает платформа «Смартека» для обмена практиками устойчивого развития, к которой подключены 85 регионов, и через которую осуществлено более 600 успешных внедрений.

В целях продвижения российских проектов на международные рынки создан сервис Go Global, при помощи которого можно получить маркетинговую информацию, а также установить необходимые контакты в отечественных государственных организациях, провести встречи с зарубежными партнёрами, получить важные сведения о корректных первых шагах на зарубежных рынках.

Поддержка в части взаимодействия с органами государственной власти состоит в предоставлении информа-

ции о том, какую поддержку может получить проект на федеральном или региональном уровне. Специалисты АСИ подключаются к работе, если обнаруживаются какие-либо нормативно-правовые барьеры для реализации проекта. В этом случае готовятся необходимые изменения в нормативные акты, а также, готовятся предложения по изменению регуляторной среды в целом по отрасли.

В рамках информационной поддержки, компании приглашаются к участию в выставках, деловых семинарах и встречах, предлагается размещать свои информационные поводы на новостных лентах АСИ. Дополнительно существуют сервисы «Защита предпринимательства» и «Поддержка молодёжного бизнеса».

Подготовка кадров

Павел Петров, заведующий кафедрой «Обработка материалов давлением и АТ» Московского политехнического университета, поделился опытом подготовки специалистов в области аддитивных технологий. Первоначально, в момент разработки в 2014 году образовательная программа называлась «Компьютерное моделирование и прототипирование». Разработчиком этой программы выступила команда молодых преподавателей, которые уже тогда обладали глубокими знаниями по данному предмету. При этом попытки внести в образовательную среду компьютерное моделирование как учебный предмет предпринимались еще с 2002 года. Первоначально преподавалось геометрическое моделирование, но по мере развития ИТ-технологий стала очевидна необходимость преподавания технологического моделирования. Одновременно в образовательном процессе сейчас задействованы преподаватели, пришедшие на работу в вуз непосредственно с производства, они имеют личный практический опыт в 3D-печати, непонаслышке знают о трудностях, которые возникают при отсутствии технической поддержки. Таким образом сформировался профессорско-преподавательский со-

Рис. 2. Конференция



став, который обладает глубокими знаниями и богатым опытом.

В 2016 году в программу были внесены существенные изменения на предмет ее соответствия новым образовательным и профессиональным стандартам. Отличительной чертой аддитивного производства является междисциплинарность, то есть наличие у инженера знаний в нескольких областях. Задачей вуза является подготовка в рамках бакалавриата специалиста, обладающего компетенциями в области цифрового производства, технологий 3D-моделирования, управления проектами, методов разработки технологической продукции.

На первом и втором семестре первокурсники погружаются в профессиональную деятельность и получают углублённые знания в области 3D-моделирования. Неотъемлемой частью образовательной программы является система практик, которые проходят летом после первого, второго и третьего курсов, длительность практики варьируется от двух до четырех недель. На четвёртом курсе проходит преддипломная практика, которая является финальным этапом получения студентами профессиональных знаний, навыков и компетенций. Преддипломная практика подводит финишную черту и отделяет период аудиторных занятий (лекции и семинары) от написания выпускной квалификационной работы (ВКР). Наиболее ответственные студенты начинают подготовку к ВКР ещё на первом курсе, большинство в начале четвертого курса. В ВУЗе стремятся, чтобы на преддипломной практике выпускник работал по конкретному направлению. Немаловажную роль в подготовке специалистов играет проектная деятельность, в ходе которой студент может поработать над развитием новых технологий или материалов, созданием новых улучшенных конструкций оборудования. Наиболее успешным является сотрудничество кафедры с предприятиями, применяющими порошковые материалы. Студенты во время практики не только узнают технологические методы применения порошков, но и собирают поистине уникальный материал, который впоследствии используется в учебно-методической работе.

В 2018 году была запущена магистерская программа, целью которой является подготовка специалистов, связанных целиком с аддитивным производством, применяющим термопластические, фотополимерные и металлические порошковые материалы.

В настоящее время достаточно актуальным является вопрос подготовки учителей для среднего профессионального образования (СПО). Над этим вопросом государство задумалось в 2015–16 годах. В это время появился первый образовательный стандарт среднего образования, который изначально являлся профильным и был направлен на подготовку техников-технологов аддитивных технологий. В Москве в одном из колледжей началась подготовка специалистов по данному на-

правлению, а в Политехе в 2020 году состоялся первый выпуск. Тогда, вопрос с учителями решился достаточно просто: выпускники Политеха ушли работать в колледж и стали достаточно успешно формировать профессиональные компетенции.

Представляется достаточно целесообразной модель подготовки специалистов в регионах, в рамках которой молодой человек сначала получает СПО, идёт работать на производство, а далее в зависимости от своих желаний и успехов на работе может быть поощрён руководством компании на прохождение дальнейшего обучения в вузе.

Вопрос подготовки специалистов в области аддитивных технологий актуален не только для молодёжи. Крупным промышленным предприятиям часто требуется переобучить имеющийся рабочий персонал на новые профессии. В этом случае в Московском политехническом университете существуют курсы повышения квалификации и курсы профессиональной переподготовки, которые дают возможность опытным сотрудникам с большим трудовым стажем получить новые профессии или усовершенствовать знания в области современных технологий.

Продолжая тему образования, **Екатерина Евсева рассказала о подготовке и переподготовке инженерных кадров в Московской технической школе (МТШ)**. Главным ресурсом любого предприятия являются специалисты, которые на нём работают. В отличие от классического вуза, целевой аудиторией МТШ являются люди, которые получили высшее образование 5–10–20 лет назад. Социологические опросы показывают, что более 70% промышленных предприятий Москвы не занимаются переподготовкой собственных кадров. Оставшаяся часть занимается образованием сотрудников эпизодически, например, раз в 5 лет проводит тренинг, и руководство считает это достаточным. Другой вид повышения квалификации можно назвать самодеятельным: на дорогие курсы посылается, например, главный инженер предприятия, который впоследствии сам проводит тренинги на производстве, как бы ретранслируя полученные знания. При этом факт, что даже очень высококвалифицированный инженер одновременно может не являться способным преподавателем, просто не учитывается. Кроме того, существуют объективные пороги, которые препятствуют предприятиям проводить регулярное переобучение сотрудников: высокая стоимость обучения, длительное время разработки актуальных учебных программ, неочевидность экономической выгоды от прохождения существующих часто устаревших учебных курсов.

В подобных условиях была создана Московская техническая школа — проект Департамента инвестиционной и промышленной политики города Москвы, который консолидирует промышленные предприятия



и образовательные учреждения в целях подготовки и переподготовки инженерных кадров. В рамках взаимодействия участников проекта предприятие формирует свой запрос на переподготовку специалистов. Запрос может быть общего плана, например, по направлению «Аддитивные технологии» или точечный, связанный с тематикой конкретного предприятия, например, по применению определённой технологии или материала. Полученный запрос МТШ направляет своим партнёрам — образовательным учреждениям. Под конкретный запрос формируется образовательный курс, в отдельных случаях — с созданием новых образовательных программ.

Фактически МТШ выступает посредником между предприятием и вузом, но при этом предприятие получает скидку от 10 до 15% по сравнению со стоимостью образования, получаемого при обращении напрямую.

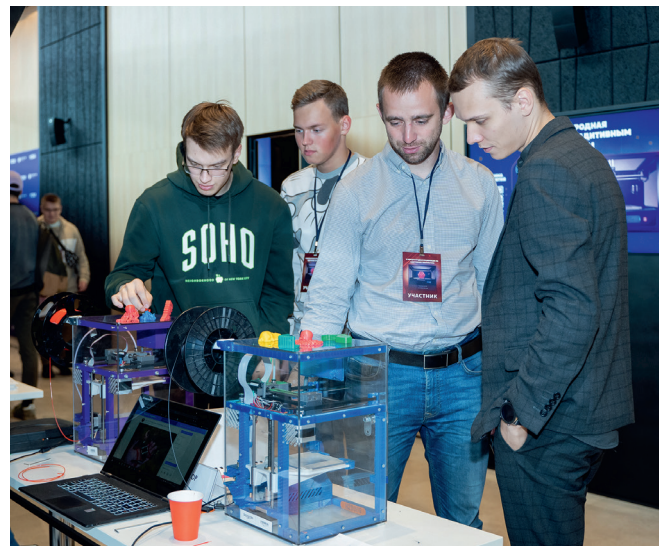
Предприятия города, направившие на курсы своих сотрудников, смогут получить субсидию города на обучение, которая покрывает 95% потраченных средств. Сотрудники МТШ сопровождают предприятие в процессе получения субсидии, консультируют, помогают собрать и оформить полный комплект документов.

Более того, предприятия существенно повышают производительность работы собственных кадровых служб, которые обычно занимаются подбором курсов повышения квалификации, сокращают время на оформления договоров на оказание образовательных услуг и, конечно, экономят денежные средства.

В настоящее время успешно работают центры подготовки по направлениям: технология связи, аддитивные технологии, искусственный интеллект в промышленности (разработана программа), микроэлектроника и фотоника, робототехника и сенсорика, цифровые двойники, новые производственные технологии, беспилотный транспорт — то есть все наиболее передовые направления развития отечественной индустрии.

В 2022 году МТШ запустила пилотный онлайн-курс, продолжительностью 16 часов, по направлению «Аддитивные технологии», который уже прошли 120 человек. Целевая аудитория курса оказалась более широкой, чем профессиональные инженеры и техники. Слушателями курса стали обычные люди, индивидуальные предприниматели, которые имели рамочные сведения, но не знали и не понимали, «как это работает», значительная часть из них имеет дома 3D-принтеры и хотела

Рис. 3.2. Выставочная экспозиция



бы получить более глубокие знания. Всего планируется осуществлять обучение по более чем 20 программам по направлению «Аддитивные технологии». Программы различаются и по времени — 72, 56, 40, 32 и 20 часов. Частное лицо, подавшее заявку в МТШ, получает скидку на обучение, однако субсидия не предоставляется.

Чтобы стать участником проекта, нужно оформить заявку на сайте. Московская техническая школа подберет вуз или научный центр для обучения сотрудника. В будущем, чтобы упростить взаимодействие между вузами и предприятиями, будет внедрена ИТ-платформа, где у всех партнеров будут свои страницы, а у компаний — личный кабинет, через который удобно проводить мониторинг образовательного процесса по каждому сотруднику. Личный кабинет сможет открыть не только организация, но и сам обучающийся, для него ИТ-платформа предоставит информацию, какие компетенции необходимо повысить, чтобы претендовать на карьерное повышение или перевод на более высокооплачиваемую должность в другом структурном подразделении.

В целом проект МТШ рассчитан на московские предприятия, но организации из других регионов могут принять участие в образовательном процессе в дистанционном режиме.

Импортозамещение на производствах

Участники конференции единодушно отметили, что в настоящее время с помощью 3D-технологий можно изготовить любую деталь со сложной геометрией, многокомпонентные узлы, организовать производство уникальных изделий, обеспечить кратчайшие сроки воспроизводства. Например, в условиях дефицита запасных частей и отсутствия понимания, откуда их можно взять, реверс-инжиниринг и последующая 3D-печать становятся востребованным способом воспроизводства деталей без чертежей.

Для того, чтобы изготовить качественную деталь, необходимо правильно выбрать технологию и материалы, что достигается путём тщательного выяснения требований заказчика. По мнению **Марии Борисовой, исполнительного директора SIU System**, в настоящее время предприятия сталкиваются с несколькими аспектами задачи:

1. В первую очередь это импортозамещение товарной продукции — запасных частей, узлов, механических компонентов, промышленных изделий. Задачу замены можно решить разными путями: найти альтернативного поставщика из дружественной страны, с помощью чертежей, если такие сохранились, воспроизвести копию, прибегнуть к услугам реверс-инжиниринга. В дальнейшем возможно произвести технологическую опти-

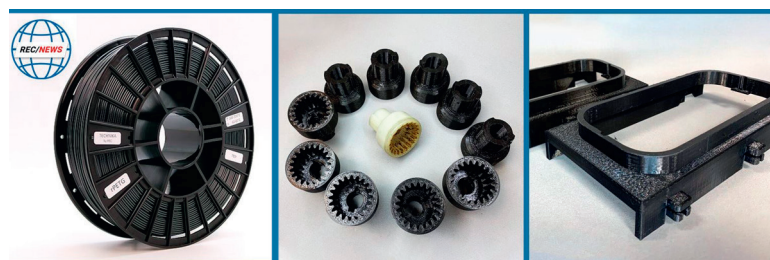
мизацию, улучшить свойства и в результате получить изделие, которое по своим характеристикам будет превосходить исходный образец.

2. Относительно более сложная ситуация складывается на предприятиях, которым необходимо произвести импортозамещение производственного оборудования при том, что существуют объективные сложности с поставками. В нынешней ситуации необходим детальный анализ производственного цикла, на основе которого должно сложиться понимание, что и на какое оборудование нужно менять. Ситуация осложняется тем, что в Россию за время с начала введения санкций буквально хлынуло некачественное оборудование, на которое еще буквально год назад никто внимания не обращал. Различного типа недобросовестные поставщики также стремятся заполнить освободившиеся ниши. Но если поставщик может обойти санкции, это не значит, что поставляемое оборудование будет соответствовать требованиям заказчика. Чтобы подобрать качественный аналог оборудования, его необходимо тестировать достаточно долго, поэтому существенным преимуществом поставщиков оборудования и материалов для аддитивных технологий (АТ) является наличие собственного производственного центра, который выступает в роли площадки для апробации и тестирования новых решений. К счастью, в стране имеется достаточно производителей, которые годами налаживали производство АТ-оборудования, изначально взяв в качестве аналога европейский образец с соответствующим уровнем качества.

3. Аддитивные материалы также требуют замещения.

Дмитрий Миллер, исполнительный директор компании REC, рассказал об успешном внедрении аддитивных технологий (рис. 4). Эффективность их применения хорошо прослеживается на примере автомобилестроительной отрасли. Оказывается, что зачастую экономически более выгодно не иметь всю линейку запасных частей и затем долгое время хранить её на складе, а закупить соответствующие материалы, и необходимые запчасти печатать по мере необходимости. Известны случаи, когда удавалось напечатать целую модель будущего автомобиля. Аналогичные решения реализуются и в авиастроении. Также ча-

Рис. 4. Замена деталей на напечатанные: шестерни, корпуса и направляющие. Из презентации компании REC



сто возникает необходимость воспроизвести детали бытовой техники, которые стало невозможно приоб- рести из-за санкционных ограничений. Еще одним успешным кейсом применения аддитивных технологий в настоящее время стала крупноформатная 3D-печать. Например, это печать оснастки для последующего из- готовления литейной формы, которая, в свою очередь, будет использоваться для производства комплектую- щих, например, для отечественного вертолёта. В чем преимущества крупноформатной FDM? Это высокая и хорошо масштабируемая скорость построения мо- делей, широкий ассортимент доступных материалов и свойств, монолитность получаемых моделей, воз- можность механической постобработки для получения высокой точности изделий.

Представитель компании 3DVISION Алексей Станишевский попытался сделать прогноз цено- образования на материалы и оборудование в условиях санкций. По его мнению, ожидается рост цен на всю продукцию, связанную с аддитивными технологиями. В феврале – марте 2022 года отмечался резкий рост (на 15% и более) на материалы. В настоящее время ситу- ация нормализовалась, но обеспечение стабильности поставок требует дополнительных решений. Необходи- мо учитывать простую объективную реальность: даже отечественные материалы для 3D-печати изготавлива- ются из импортного сырья, поэтому дальнейшего повы- шения цен, к сожалению, не избежать. Персональные 3D-принтеры продемонстрировали рост цен минимум на 10%, и в дальнейшем он продолжится. Сложнее всего с промышленным оборудованием. Ведущие поставщики из Европейского Союза и США фактически прекратили все поставки. Необходимо налаживать новые каналы поставок, при этом сроки доставки значительно уве- личатся.

Новые материалы для 3d-печати

Производство отечественных матери- алов для аддитивных технологий демон- стрирует непрерывный рост. Так **Анна Царева, ведущий специалист по мар- кетингу АО «ПОЛЕМА»**, в своем докла- де привела статистику своего предприя- тия. В 2021 году оно выпустило 27 тонн металлических порошков по сравнению 14–15 тоннами в предыдущие годы, и по состоянию на сентябрь 2022 года уже удво- ило прошлогодний объём производства. На рынке востребованы композиции на основе железа, никеля, кобальта, в рамках импортозамещения на предприятиях ВПК особенно полезны композитные матери- алы для замены жаропрочной стали. В на-

стоящее время дефицит, возникший в марте – апреле 2022 года, практически полностью ликвидирован.

Залогом успеха для производителей порошковых материалов является тесное взаимодействие с произ- водителями отечественного оборудования, центрами аддитивных технологий, научно-исследовательскими центрами и конечными потребителями. Такое взаимо- действие позволяет учитывать реальный текущий спрос и точно формировать линейку продукции, ассортимент которой составляет около полусотни различных видов порошков.

Главный потребитель материалов для аддитивных технологий — аэрокосмическая отрасль. Другим круп- ным потенциальным потребителем является судостро- ительная отрасль, однако из-за вполне обоснованного традиционного консерватизма, материалы должны пройти длительные исследования и испытания для того, чтобы быть включёнными в перечень использу- емых. Кроме того, заказчиками материалов выступают предприятия–производители медицинского оборудова- ния и машиностроители. В качестве примера успешного применения металлических порошков были приведе- ны проекты использования материалов компании для авиастроения, двигателестроения, медицины (рис. 5).


Значимой тенденцией в развитии аддитивных технологий докладчиком были выделены 3D-печать крупногабаритных изделий и производство медных порошков, которые благодаря своим уникальным свой- ствам требуются для работы в энергетических уста- новках. Традиционное производство предполагает отходы до 20% веса металла, что в условиях роста цен становится непоправимой роскошью. Аддитивные технологии позволяют избежать нерационального рас- хода материалов.

Для нефтедобычи, работы в арктической зоне, в атомной промышленности будут востребованы вы-

Рис. 5. Изделия, напечатанные из порошка АО «Полема». Фото 3D Lam из презентации АО «Полема»

КЕЙСЫ

<p>Область: авиастроение Изделие: выхлопная система беспилотного летательного аппарата Материал: ПР-03Х17Н12М2 (аналог 316L) Время печати: 10-11 часов Оборудование: 3DLAM Mid</p> 	<p>Область: электроника Изделие: заглушки для компьютера Материал: ПР-03Х17Н12М2 (аналог 316L) Оборудование: 3DLAM Mid</p> 	<p>Область: авиастроение Изделие: рычаг управления самолетом Материал: ПР-03Х17Н12М2 (аналог 316L) Время печати: 10 часов Оборудование: 3DLAM Mid</p> 
---	--	--



сокоэнтропийные, многокомпонентные сплавы, позволяющие, где требуется, создать дополнительную прочность, обеспечить функционирование при больших перепадах температур. Аналогичные выводы можно сделать и по тугоплавким материалам на базе вольфрама и молибдена, которые применяются, в частности, при изготовлении рентгеновских аппаратов.

Дмитрий Рябов, директор по науке ООО «ИЛМиТ», конкретизировал применение новых алюминиевых сплавов для аддитивного производства, отметив, что наряду с собственно алюминиевыми порошками также востребованы различные многокомпонентные материалы. Например, сплав алюминий–магний–скандий не требует закалки, достаточно напечатать изделие и «просто отжечь», и сплав набирает свою оптимальную прочность. При этом, подбирая под конкретный заказ химический состав, можно оптимизировать добавку дорогостоящего скандия. Прочность сплава достижима такая, что позволяет заменить стальные шестерни в станках для резки труб.

В условиях открытого космоса из-за солнечного нагревания существует риск отказа высокоточных изделий. На основе алюминия можно изготавливать кросс-функциональные сплавы, обладающие особыми характеристиками (например, повышенной теплопроводностью), которые необходимы для космической отрасли, где требуется существенно уменьшить габариты или увеличить теплопроводность в пределах существующих размеров теплообменников.

Павел Курдюмов, руководитель промышленного направления и отдела технической поддержки компании HARZ Labs, разъяснил специфику применения фотополимерной печати для решения инженерных задач.

В первую очередь, сегодня востребованы термостойкие материалы, пригодные к работе в агрессивной химической среде и изготовленные с высокой степенью

Рис. 6. Изделия, напечатанные из твердого материала повышенной химической стойкости Industrial Tough Clear. Фото из презентации HARZ Labs

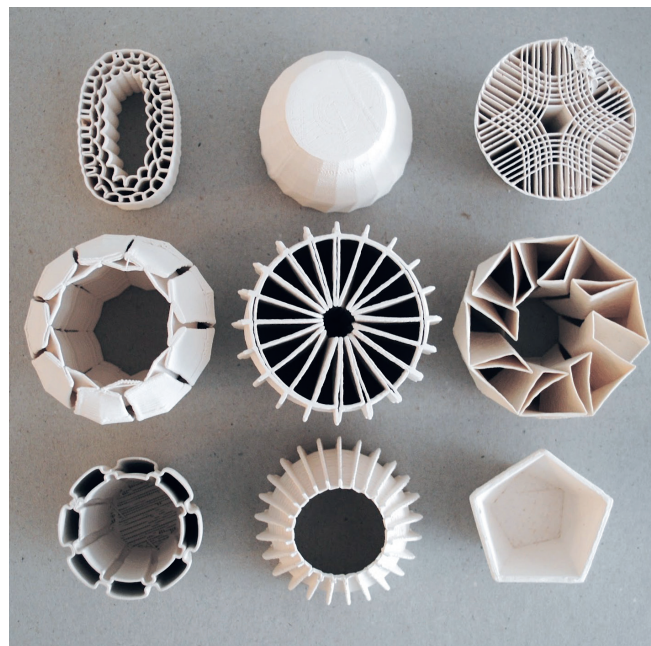


точности (рис. 6), например, в сельскохозяйственной технике, смешивающей и распыляющей в почву минеральные удобрения. Для России, являющейся мировым лидером в производстве удобрений, разработка таких материалов является особо актуальной задачей.

Упругие материалы, по своим свойствам похожие на традиционные литевые пластики, востребованы рынком, поскольку в 3D-печати стало возможным управлять и моделировать различные степени упругости получаемого изделия. Твёрдые материалы нашли своё применение при разработке и создании корпусной техники и промышленных прототипов, когда требуется жёсткость, твёрдость и минимальная усадка. Выжигаемые материалы, выбираются в зависимости от целей применения.

Анастасия Сизова, научный сотрудник Исследовательского центра специальной керамики НТЦ «Бакор», привела примеры решений по 3D-печати изделий из специальной керамики (рис. 7).

Рис. 7. Печать керамикой. Фото из презентации Исследовательского центра специальной керамики НТЦ «Бакор»



Применение керамических, поликерамических и металлокерамических изделий имеет достаточно продолжительную историю. Керамические материалы относительно дешёвые, а само производство за счёт низкого потребления энергии представляется эффективным. Вполне ожидаемо, что основными потребителями керамических изделий, изготовленных с помощью аддитивных технологий, являются аэрокосмическая, энергетическая и оборонная отрасли, машиностроение, металлургия, производство медицинских изделий. Согласно прогнозам, к 2025 году рынок аддитивной керамики вырастет в четыре раза.

Производство отечественного оборудования для аддитивных технологий является мощнейшим инструментом для достижения технологического суверенитета страны, вывода новых видов несырьевой продукции на мировой рынок. Аддитивные технологии позволяют быстро конструировать, а оборудование даёт возможность воспроизводить сложные, с высокой трудоёмкостью создаваемые объекты от мельчайших деталей, например, в аэрокосмической отрасли и медицине, до крупных промышленных конструкций. Все участники конференции в особенности подчёркивали, что компания-поставщик должна обеспечивать сопровождение и поддержку на протяжении всего жизненного цикла оборудования, пусконаладочные работы, гарантийное и сервисное обслуживание.

Георгий Казакевич, директор отдела продаж i3D, выступил с докладом «Использование цифровых методов для производства серийных деталей», в котором рассказал о важности всех этапов создания объекта на основе заранее подготовленной компьютерной модели прогнозирования технико-технологических свойств детали, обеспечивающей предсказание рисков возникновения брака. Современное 3D-оборудование требует продуманной интеграции, рационального внедрения в производственные цепочки, и только таким образом можно добиться существенного экономического эффекта. В профессиональном сообществе можно часто услышать мнение, что аддитивные технологии предназначены исключительно для изготовления промышленных прототипов, проведения НИОКР, выпуска мелкосерийных партий методом реверс-инжиниринга. Но это не так. Например, по мнению докладчика, в качестве одного из технологических вариантов крупносерийного аддитивного производства обоснованно можно рассмотреть производство на основе технологии «песчаных форм» (рис. 8).

Рис. 8. Внедрение печати песчаных форм.
Фото FHZL из презентации i3D



Анатолий Тулаев, руководитель по развитию Stereotech, считает, что вместо термина «импортозамещение» следует говорить об «импортоисключении» (рис. 9). Для решения такой задачи целесообразно использовать российские 5D-принтеры, у которых первые три оси — традиционные X, Y, Z, четвёртая ось — наклонная, и пятая ось — поворотная. Такой принтер позволяет печатать без поддержек или с их минимальным числом. Увеличивается скорость печати, сокращаются затраты на материалы, при этом качество печати 5D-принтера превосходит качество печати 3D-принтера при сопоставимых условиях. Вместе с тем, не для всех деталей требуется 5D-печать, безусловно, 3D-печать является более экономичной, но хороший 5D-принтер предполагает гибридность, то есть существует возможность замены 5D- на 3D-головку. Более того, современный принтер оснащён камерами мониторинга печати, системой автокалибровки. В памяти принтера хранится библиотека, содержащая сведения о наиболее часто воспроизводимых деталях.

Рис. 9. Печать запасных частей.
Фото из презентации Stereotech



Во многих случаях вес изделия и его прочность являются взаимопротиворечащими параметрами. Выходом из такой коллизии является технология армирования углеволокном, которую способен реализовать 5D-принтер.

Артём Соломников, генеральный директор и соучредитель ООО «Компания Импринта», рассказал о развитии собственной экосистемы, в которую входят принтеры, расходные материалы и клиенты, и подчеркнул, что 3D-принтер должен отвечать трём требованиям: надёжность, функциональность, простота, а изолированная кинематика должна позволять обеспечивать точность воспроизведения детали.

Александр Михайленко, генеральный директор REDFAB, отметил сложности в процессе внедрения 3D-печати и необходимость разработки базовых технологий, позволяющих автоматизировать самые

рутинные операции: заправку материала, сброс готовых изделий в корзину, калибровку осей и т.д. Когда система управления принтером выполняет функции планирования, человеку достаточно выбрать управляющую программу, задать материалы. При объединении нескольких принтеров в сеть система автоматически определяет, на каком принтере какое изделие печатается. Перспективой развития является достижение полной автоматизации и исключения ручного человеческого труда из производственного процесса. За человеком останутся более важные функции: проектирование и оптимизация технологического процесса.

Никита Воронов, главный менеджер по развитию бизнеса в СНГ компании Farsoon, дал пояснения о том, каким должно быть техническое сопровождение продаж оборудования. Первое, с чего необходимо начинать процесс продаж, это технико-экономическое обоснование покупки оборудования. Потенциальный покупатель должен быть уверен, что инвестиции окупятся, и знать, за какой срок. Далее следует предпродажная поддержка, когда рассчитываются и согласуются технические характеристики оборудования и материалов, скорость печати, длительность постпечатных процессов, осуществляется выбор конкретных сплавов. Отдельной задачей является проектирование и подготовка производственных помещений с учётом требований техники безопасности и противопожарной защиты. После отделки подготовленных помещений следуют поставка, наладка и ввод в эксплуатацию

оборудования. Первоначальный период работы связан с многочисленными отказами и поломками оборудования, поэтому необходимо обеспечить соответствующие меры технической эксплуатации. Примерно раз в полгода необходимо проводить плановое техническое обслуживание, чтобы избежать серьёзных поломок.

Заключение

Подводя итоги конференции, участники единодушно подчёркивали, что развитие аддитивного производства в России должно сопровождаться мерами государственной поддержки, смягчением регуляторных норм в части допуска материалов, стимулированием отечественных производителей, совершенствованием образовательной базы и комплекса технических сервисов сопровождения индустрии. Период первоначальной неопределённости, вызванный уходом зарубежных поставщиков, в целом преодолён, но открывшиеся возможности на рынке не должны стать лазейкой для недобросовестных игроков, поставляющих некачественное или заведомо завышенное по цене оборудование. Новые ниши должны помочь добросовестным производителям отечественного оборудования и материалов развивать собственное производство и выпускать продукцию, превышающую по своим характеристикам зарубежные аналоги. ■

Фото с конференции и выставочной экспозиции: технопарк «Калибр»

Ссылка на видеозапись конференции:

<https://www.youtube.com/watch?v=9x3qUBF92Lo>

Рис. 10. Участники конференции



Реверс-инжиниринг: спасение при ремонте оборудования в условиях санкций

<https://topstanok.ru>

Введение

Обратное проектирование, или реверс-инжиниринг (reverse engineering) — это комплекс технологий, состоящий из оборудования и программных решений для воспроизведения какого-либо физического объекта, а также возможности внесения изменений в его форму и свойства. Зачастую получение объекта подразумевает не только внешнее копирование его формы, но и подбор материалов с заданием некоторых его эксплуатационных качеств.

Сегодня отечественные промышленники вплотную столкнулись с задачей импортозамещения по причине антироссийских санкций и действующих запретов на импорт техники и компонентов. Ранее этот вопрос решался достаточно вяло. Но сейчас выживание компании, продукция которой включает зарубежные компоненты, полностью зависит от замещения деталями российского производства или дружественных нам стран. Однако, как можно произвести компоненты, на которые отсутствует конструкторская и технологическая документация? В современных условиях — именно с помощью реверс-инжиниринга.

Задачи и сферы применения реверс-инжиниринга

Задачи, которые решаются с помощью обратного проектирования:

- разработка или восстановление утраченной конструкторско-технологической документации на изделия и/или оснастку для их производства,
- оптимизация сложных сборок с целью их агрегации в единое изделие,
- производство запасных частей по моделям цифрового склада (ТОиР),
- усовершенствование изделий для увеличения их функциональных и ресурсных свойств,
- анализ продукции конкурентов для разработки и изготовления собственных изделий и внесения важных конструктивных дополнений.

Сфер применения у реверс-инжиниринга достаточно много, и его можно рекомендовать практически для любого производственного предприятия.

В самом простом, но востребованном варианте применения обратного проектирования чаще всего используется мобильное оборудование сканирования — 3D-сканеры. А продолжают работы по обработке данных уже в специализированном программном обеспечении.

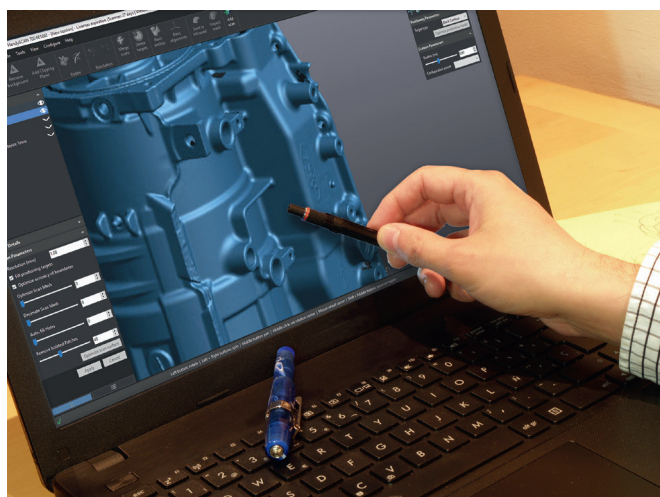
Сканирование должно осуществляться опытным инженером, знающим нюансы оборудования, материала и объекта сканирования. Если для заказчика требуется более глубокое комплексное исследование с определением и назначением материалов, то применяется уже специальное лабораторное оборудование. Работа по обработке цифровых данных чаще всего осуществляется конструктором, инженером-расчетчиком и технологом в соответствующем программном обеспечении. Она включает:

- фильтрацию,
- триангуляцию в полигоны,
- твердотельное параметрическое моделирование или создание поверхностей, оптимизацию модели,
- подготовку чертежной документации по стандартам ЕСКД,
- разработку технологии.

Фильтрация данных в облаке точек (вся совокупность собранной информации) используется для исключения лишних или избыточных точек, которые могут появиться в процессе многократного сканирования одного и того же участка методом наложения аналогично тому, как художник рисует картину, много раз проводя кисточкой по определенному участку полотна для лучшей плотности цвета. Также можно назначить отсканированному объекту распределение точек согласно сложности и размеру геометрических элементов. Например, плоские поверхности или цилиндрические отверстия нуждаются в меньшем объеме данных, а сложные криволинейные поверхности — в большем.

После данной операции выполняют триангуляцию — аппроксимацию поверхности треугольными пластинами с обязательной бесшовной стыковкой между собой (рис. 1). Это нужно сделать для работы в САД и получения математически описываемых поверхностей с их качественным сопряжением друг с другом либо для твердотельного моделирования с последующим

Рис. 1. Программная обработка отсканированных данных



получением технологии обработки в САМ для ЧПУ-оборудования.

Часто заказчик задается вопросом: нужно ли развивать эту компетенцию у себя в компании или довериться профессионалам, давно работающим в бизнесе? Здесь можно дать следующие советы.

1. Предприятия, у которых имеются разовые заказы, а отсутствие необходимого изделия не влечет за собой остановку конвейера или производства. Для них подойдет услуга 3D-сканирования. Она может ограничиться сканированием требуемых деталей в офисе исполнителя или на территории заказчика. В последнем случае исполнитель прибывает к заказчику с собственным 3D-сканером, сопутствующим оборудованием и аксессуарами. После сканирования, которое выполняется от 1 часа, данные обрабатываются инженером с получением требуемого объема информации. Это занимает от 1 дня до 1–2 недель в зависимости от сложности работ.

2. Предприятия, которым крайне важна ритмичность работы их собственного оборудования с системой его прогнозной аналитики, включая машинное обучение. Для них рекомендуется осуществлять рутинную оцифровку всех ответственных деталей, формирование цифрового склада и предиктивное изготовление деталей.

И вот здесь следует отметить важную связку, которую часто используют опытные интеграторы и пользователи — 3D-сканирование плюс аддитивное производство.

Классификация 3D-сканеров

Сегодня на рынке представлен широкий ассортимент сканеров с различными точностными характеристиками, размерами сканирования и возможностью захвата цветных или сложно регистрируемых поверхностей.

В самом общем представлении сканеры бывают стационарными — в том числе с поворотным столом — и ручными (рис. 2). В свою очередь, они подразделяются

Рис. 2. Метки для 3D-сканирования



на оптические, структурированного подсвета или лазерные, а также с системой фотограмметрии. Работу многих сканеров можно автоматизировать с помощью их фиксации на роботаманипулятора, в том числе кобота, а объекта измерения — на вращающийся стол. В этом случае получается многоосевая система сканирования, способная производить работы самого широкого назначения.

Для качественного сканирования сложных и крупных объектов с блестящими или светоотражающими поверхностями используются специальные одноразовые или многоразовые позиционные маркеры. А также матирование с помощью спреев, в том числе самоисчезающих (рис. 3).

Рис. 3. Матирующий самоисчезающий спрей



Примеры профессиональных 3D-сканеров

В настоящее время ввиду санкций наиболее востребованными являются 3D-сканеры российского и китайского производства. Они удовлетворяют требованиям санкционной политики, имеют превосходные технические характеристики, высокую эргономику, быстрые сроки поставки и, что самое важное, — вполне доступную стоимость.

Так, сканер Scantech KSCAN20 (рис. 4) — достойный и доступный представитель лагеря оцифровщиков, справедливо нашедший широкое применение в различных отраслях промышленности.

Сканер может работать с использованием двух режимов.

1. Первый режим с повышенной глубиной резкости для больших объектов позволяет проецировать на поверхность 7 красных взаимноперпендикулярных лазерных линий плюс одну дополнительную линию.

Рис. 4. 3D-сканер Scantech KSCAN20



Рис. 5. Система Scantech TrackScan-P22



2. Второй режим — Hyperfine. Он использует 5 параллельно проецируемых синих лазерных линий. Рекомендован для сканирования небольших и высоко-

детализированных объектов с фиксацией мельчайших деталей с разрешением 10 мкм.

Преимуществом этой модели является встроенная система фотограмметрии, которая значительно расширяет область сканирования до 2500×3000 мм и повышает объемную точность до 0,035 мм/м.

Также востребованными являются метрологические сканеры с лазерной маской, отслеживающим трекером и контактной портативной КИМ.

Контрольно-измерительная оптическая система Scantech TrackScan-P22 (рис. 5) предназначена для сканирования объектов больших размеров.

Возможности КИМ используются, например, для проверки отверстий, ответственных поверхностей и конструктивных элементов деталей. При этом обеспечивается высокая точность измерения и повторяемость в одной точке до 0,030 мм. TrackScan-P22 может обходиться без маркеров, сокращая при этом общее время проведения измерений и трудоемкость процесса.

Заключение

С помощью 3D-сканеров решается вопрос с оцифровкой деталей, созданием электронного склада и их изготовлением по требованию. А посредством 3D-принтера и ряда вспомогательных устройств можно оперативно производить детали из этого склада, которые в какой-то момент времени потребовались для ТОиР.

В этом случае вопрос производства решается в самые кратчайшие сроки, без необходимости содержания оснастки и заготовок широкой номенклатуры на своем складе. Современное цифровое производство должно быть гибким, быстрым, сосредоточенным на минимальных площадях, не зависящим от логистики и работы с крупными неповоротливыми поставщиками. Цех с 3D-сканерами и 3D-принтерами является его осуществлением. ■

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ ПО АТ И 3D-РЕШЕНИЯМ

В рамках выставки "ТЕХНОФОРУМ-2022"
(Российская промышленная неделя
в ЦВК "Экспоцентр") | 25.10.22



при поддержке



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ

industry3d.ru

+7 (495) 481-39-44

info@industry3d.ru



Гибка труб с применением 3D-напечатанного инструмента

*И.А. Бурлаков, П.А. Поликов, П.А. Петров, Б.Ю. Сапрыкин
Московский политехнический университет, кафедра «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии», petrov_p@mail.ru*

Гибка — формообразующая операция обработки давлением, связанная с образованием или изменением углов между частями заготовки или приданием ей криволинейной формы (см. ГОСТ 18970–84). В качестве исходного материала для выполнения операции «гибка» могут выступать трубы, в том числе малого диаметра. Трубы малого диаметра (6–10 мм), изготавливаемые из стали, могут иметь сложную пространственную форму с большим количеством изгибов разных радиусов и углов гибки. Для реализации формообразующей операции применяют специализированные трубогибочные автоматы с ЧПУ, оснащенные комплектом металлического инструмента (рис. 1).

Заготовки в процессе гибки металлическим инструментом подвергаются значительным нагрузкам, которые приводят к образованию дефектов в виде складок и вмятин (рис. 2) [3]. Изготовление металлического инструмента характеризуется также высокой трудоемкостью и его конечной стоимостью, что в условиях малосерийного производства (100–500 единиц) и большой номенклатуры однотипных изделий приводит к увеличению себестоимости конечного изделия.

Применение трубогибочного инструмента из термопластичных полимерных материалов, как предпо-

лагается, будет являться выходом из вышеописанной проблемной ситуации: позволит уменьшить риск образования дефектов (рис. 2), значительно снизить трудоемкость и время изготовления за счет экструзионной технологии 3D-печати термопластичного материала (FFF, Fused Filament Fabrication), более производительной по сравнению с изготовлением оснастки из металла. Данная работа направлена на изучение стойкости формообразующего инструмента из полилактида (PLA) для выполнения формообразующей операции «гибка».

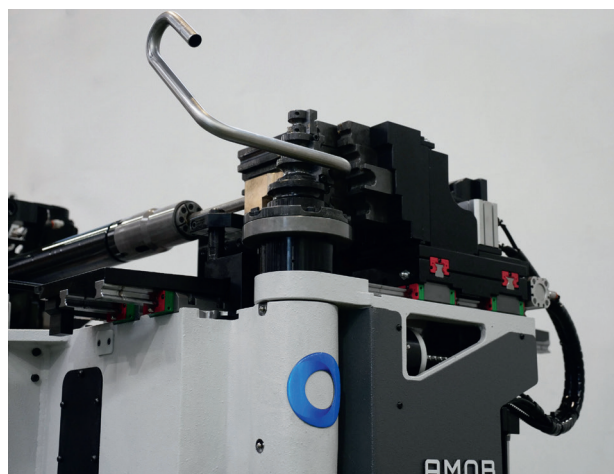
Рис. 2. Дефект в виде вмятины от переднего стального прижима



Рис. 1. Типовой рабочий инструмент для трубогибочного автомата с ЧПУ



а [1]



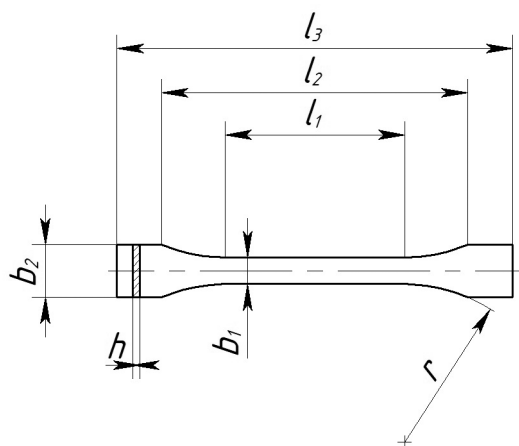
б [2]

Таблица 1. Режимы изготовления образцов

Параметр	Значение
Температура сопла, °С	210
Температура рабочего стола, °С	60
Диаметр сопла, мм	0,4
Ширина линии, мм	0,4
Толщина слоя, мм	0,16
Толщина стенки (оболочки), мм	0,12
Обдув	100%
Ретракт	Да
Плотность заполнения, %	100
Стиль заполнения	Прямолинейная
Поддержки	Нет

В нашем случае был выбран полилактид PLA фирмы ESUN как обладающий более высокими механическими характеристиками по сравнению с типовым полилактидом PLA, для уточнения которых были выполнены испытания на растяжение образцов, полученных 3D-печатью. Изготовление образцов осуществляли на принтере Raise 3D Pro2 Plus; режим изготовления образцов для проведения испытаний представлен в таблице 1.

Рис. 3. Уменьшенный образец на растяжение, размеры которого приведены в таблице 2



Образцы на растяжение изготавливали согласно ГОСТ 33693–2015 [4] уменьшенного масштаба (тип А12) (рис. 3). Они были испытаны на испытательной установке Tinius Olsen 50ST двухколонного типа с максимальной нагрузкой 50 кН (5000 кгс).

Образцы изготавливались двух типов: выращенные горизонтально на рабочей платформе 3D-принтера (0 градусов); выращенные вертикально относительно рабочей платформы 3D-принтера (90 градусов).

Непосредственно перед растяжением образцы подвергали отпуску в следующей последовательности и при следующих условиях:

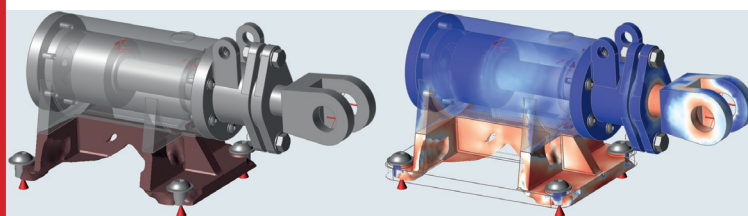


**МОСКОВСКИЙ
ПОЛИТЕХ**

Кафедра «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии» Московского политехнического университета специализируется на компьютерном проектировании технологии и создании её цифрового двойника (digital twin). Задача специализации — получение наилучшего совпадения результатов моделирования с результатами натуральных экспериментов. В своей работе сотрудниками кафедры применяется современное программное обеспечение, такое как «Т-Флекс», Inventor, QForm, AutoForm, Pam-Stamp, Altair HyperWorks, solidThinking Inspire, MatLab, Abaqus, Comsol и другое.

ОСНОВНЫМИ НАПРАВЛЕНИЯМИ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТОК КАФЕДРЫ ЯВЛЯЮТСЯ:

- исследование технологических свойств материалов для аддитивных технологий и выбор термомеханических режимов 3D-печати;
- разработка технологий и оборудования для аддитивного производства;
- обратный инжиниринг и топологическая оптимизация для решения задач обработки давлением и аддитивного производства;
- листовая и объёмная штамповка, прокатка — разработка, исследование, внедрение технологий на опытное или серийное производство;
- разработка, исследование, внедрение технологий изготовления метизных и крепежных изделий;



- специальные процессы штамповки: изотермическая штамповка и штамповка с кручением чёрных и цветных сплавов;
- повышение стойкости штамповой оснастки и кузнечно-штамповочное оборудование;
- разработка моделей материалов для компьютерного моделирования технологий обработки давлением.

КАФЕДРОЙ ВЕДЁТСЯ ПОДГОТОВКА КАДРОВ ПО СЛЕДУЮЩИМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОГРАММАМ:

- «Машины и технологии обработки материалов давлением» (очное, бакалавриат, 15.03.01 Машиностроение);
- «Аддитивные технологии» (очное, бакалавриат, 27.03.05 Инноватика);
- «Цифровые технологии аддитивного производства и обработки давлением» (очное, магистратура, 15.04.01 Машиностроение).



Контактная информация:
115280, г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16
Тел.: +7/495/ 223-05-23, доб. 2344,
e-mail: omd.at@mospolytech.ru
Сайт: <https://old.mospolytech.ru/index.php?id=883>

Таблица 2. Размеры уменьшенных образцов

Обозначение образца	A12, A22
Масштабный коэффициент (см. примечания)	1:2
l_3	≥ 75
l_2	58 ± 2
l_1	$30,0 \pm 0,5$
b_1	$0,5 \pm 0,5$
b_2	$10,0 \pm 0,5$
r	≥ 30
h	$\geq (2,0 \pm 0,1)$

1. Отпуск образцов в сушильный шкаф до требуемой температуры — 70, 85 и 100 °С.

2. Выдержка образцов при назначенной температуре в течение 20 ± 2 минут.

3. Охлаждение образцов до комнатной температуры (20–25 °С) в сушильном шкафу.

Результаты испытаний на растяжение при комнатной температуре показаны на рис. 4.

Полученные результаты позволили выбрать режим постобработки напечатанного пластика PLA, обеспечивающего наиболее высокие прочностные характеристики и, как следствие, стойкость формообразующего инструмента (рис. 5).

Изучение износа формообразующего инструмента для гибки труб малого диаметра показало, что стойкость переднего прижима (рис. 4, поз. 2) как наиболее нагруженного инструмента, изготовленного из полилактида PLA с последующим отпуском, увеличивается на 35–40%.

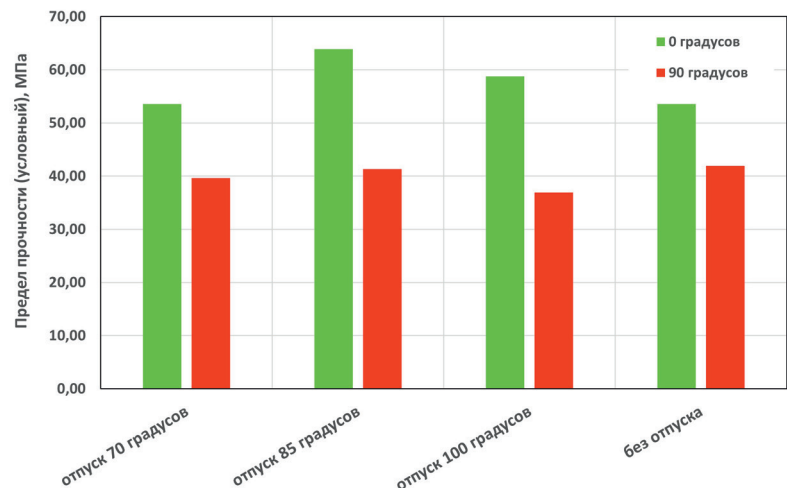
Выводы

Выполненные натурные эксперименты показывают пригодность пластика PLA в качестве материала формообразующего инструмента для гибки труб малого диаметра. Выявлены некоторые особенности термопластичного материала:

1. Полученные данные по исследованию свойств образцов из полилактида PLA с учетом его постобработки позволили выбрать режим изготовления формообразующего инструмента, обеспечивающий повышение его стойкости на 35–40%.

2. Исследование влияния температуры отпуска образцов из PLA на прочность материала при растяжении позволило установить, что наиболее высокими прочностными свойствами обладают образцы, обработанные при 85 °С.

Рис. 4. Механические характеристики (предел прочности при растяжении, МПа) образцов из полилактида PLA, закаленных при температурах 70, 85 и 100 °С

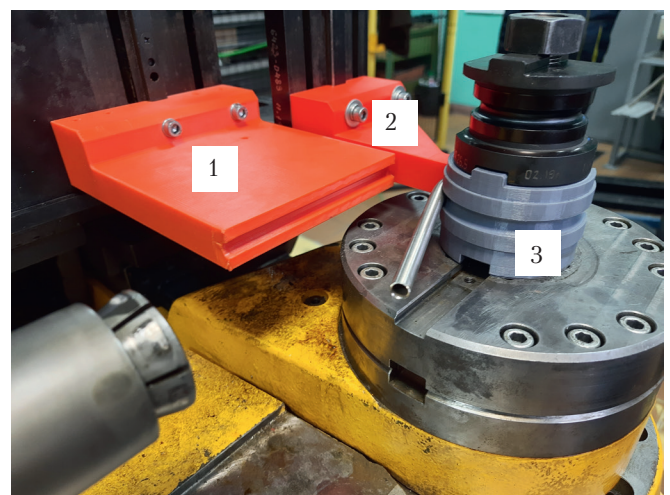


3. В целом для обеспечения выпуска малой серии металлических изделий из трубной заготовки может быть изготовлен один комплект формообразующего инструмента для гибки из термопластичного пластика PLA, который обладает достаточной стойкостью для производства партии до 500 изделий. ■

Литература

1. Blend Master 25: Один выбор, двойное преимущество [электронное издание] URL: <https://www.pedrazzoli.it/tt/bend-master-25-4/>
2. Right and left fully electric CNC tube bender [электронное издание] URL: <https://www.amobgroup.com/en/products/fully-electric-cnc-left-and-right-tube-bender/>
3. Глазков А.В. Технология холодной гибки труб методом продольного раскатывания. Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование. 2012. С. 133–134.
4. ГОСТ 33693–2015 (ISO 20753) Пластмассы. Образцы для испытаний. Применяется с 01.01.2017. М.: Издательство стандартов.

Рис. 5. Инструмент из полилактида PLA после его постобработки при температуре 85 °С: 1 – задний прижим, 2 – передний прижим, 3 – ролик



АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: НОВОСТИ МЕДИЦИНЫ

Обзор подготовила Татьяна Карпова

Рынок аддитивных технологий для медицинских задач развивается стремительно. Тому подтверждение — результаты статистических исследований, проведенных целым рядом маркетинговых компаний. В частности, согласно отчету Global Industry Analysts Inc. (GIA), с учетом кризиса, вызванного COVID-19, мировой рынок медицинских устройств для 3D-печати, оцениваемый в 1,6 миллиарда долларов США в 2022 году, по прогнозам достигнет пересмотренного размера в 3,2 миллиарда долларов США к 2026 году, увеличившись в среднем на 16,3 % в год за анализируемый период [<https://www.prnewswire.com>].

На основе новостной информации, представленной на различных интернет-ресурсах, рассмотрим уровень задач, за решение которых берется сейчас медицинское сообщество, имея в руках перспективный инструмент для работы в виде 3D-печати.

Хирургия

Бельгийская компания Cerium зарегистрировала **имплантаты MyBone** — персонализированные эндопротезы для челюстно-лицевой хирургии, изготавливаемые на 3D-принтерах с применением материала на основе гидроксиапатита, имитирующего натуральную кость (рис. 1). Имплантаты одобрены в соответствии с европейским регламентом 2017/745 (Medical Device Regulation), зарегистрированы Федеральным агентством по лекарственным средствам и изделиям медицинского назначения Бельгии (FAMHP) и сертифицированы в соответствии со стандартом менеджмента качества ISO 13485.

Рис. 1. Имплантат MyBone



«Наши 3D-печатные имплантаты имеют уникальную, запатентованную пористую структуру, способствующую проращению кровеносных сосудов. Этот процесс, называемый васкуляризацией, является ключом к успешному срастанию костей. В результате MyBone демонстрирует в семь раз более быстрое срастание, чем доступные в настоящее время костные гранулы», — заявил основатель и научный руководитель компании Cerium Грегори Ноленс.

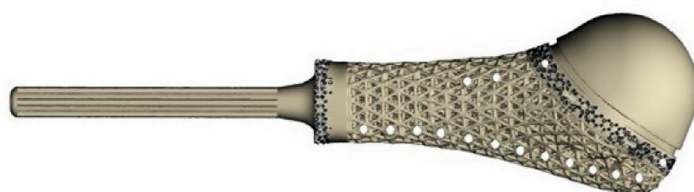
<https://3dtoday.ru>

Стартап CML AT Medical Северо-Западного центра в кооперации с научно-производственной компанией SINTEL и старшим научным сотрудником НИИ онкологии Томского НИМЦ И.И. Анисеней разработал **имплантат плечевого сустава с биоактивными свойствами для замены костных дефектов пациента** (рис. 2). Результаты первых десяти операций показали высокую степень конгруэнтности изделия, удобство применения в процессе эндопротезирования, а также хорошие функциональные результаты в послеоперационном периоде. В июне этого года компании подали совместную заявку в Роспатент на регистрацию изобретения.

Изготовление изделия происходило с применением 3D-печати из биосовместимого титанового сплава. Имплантат плечевого сустава выполнен в виде цельной конструкции со специальными отверстиями для фиксации соответствующих мышц грудного отдела и плечевого сустава. Данное решение стимулирует срастание тканей пациента со структурой имплантата и обеспечивает движение в плечевом суставе. Нанесение на эндопротез биоактивного покрытия производителем изделия научно-производственной компанией SINTEL придало изделию противовоспалительные и противоопухолевые свойства.

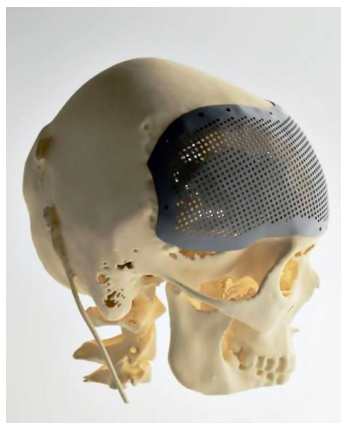
<https://3dtoday.ru/>

Рис. 2. Имплантат плечевого сустава. Фото: СЗЦТТ



Детский городской многопрофильный клинический специализированный центр высоких медицинских технологий (Детская городская больница № 1) успешно провел **краниопластику тринадцатилетнему пациенту с обширными дефектами костей черепа** (рис. 3). Операция по восстановлению костных фрагментов проводилась с использованием имплантата, также разработанного стартапом CML AT Medical Северо-Западного наноцентра и напечатанного на 3D-принтере.

Рис. 3. Индивидуальная краниопластина



Специалисты CML AT Medical спроектировали индивидуальную краниопластину на основе снимков компьютерной томографии пациента, повторяющую не только форму дефекта, но и костную архитектуру черепа ребенка. Вместе с пластиной компания изготовила анатомическую модель травмированного участка для предварительного планирования операции. Такие комплекты сокращают продолжительность оперативного вмешательства, позволяют использовать меньшее количество фиксирующих элементов, снижают вероятность послеоперационных осложнений.

За последние три года на территории России и Казахстана выполнено свыше двухсот операций с применением краниопластин CML AT Medical.

www.spb.kp.ru

Межпозвоночные кейджи стартапа Rozvonoq, применяющиеся для решения проблем стабилизации позвоночного столба, успешно прошли цикл доклинических испытаний. Результаты тестирования подтвердили высокое качество изделий и хорошие функциональные результаты в послеоперационном периоде.

Проведение цикла лабораторных исследований и тестовых операций — необходимый этап для сертификации медицинских изделий. После получения регистрационного удостоверения Росздравнадзора стартап запустит серийное производство имплантатов Rozvonoq. Появление межпозвоночных кейджей на рынке здравоохранения РФ позволит заместить около 50 процентов имплантатов для спинальной хирургии иностранного производства. При этом стоимость готового изделия Rozvonoq при тех же эксплуатационных характеристиках будет на 30% ниже зарубежных аналогов.

<https://3dtoday.ru/>

Врачи Петербургского городского онкологического центра провели **операцию по замене локтевого сустава 70-летнего пациента**. Эндопротез изготовлен из титанового сплава на 3D-принтере по технологии SLM. Как сообщает пресс-служба Комитета по здравоохранению Санкт-Петербурга, технология полностью российская — разработана московскими биоинженерами и выполняется из специального материала Rematitan.

«Рука — одна из главнейших частей тела, основным действием которой является хватательное, поэтому это сложная анатомическая зона. Верхнюю конечность, в том числе кисть, иннервируют группы нервов, отвечающие за чувствительность и двигательные функции. Во время операции важно выделить их, не повредив, иначе частично или полностью будут утрачены чувствительность и важные функции руки. Вместе с этим мы выделяем все сосудистые структуры и только потом приступаем к выделению самой кости. После резекции сустава мы установили протез и закрыли дефект тканей мышечными волокнами», — рассказал заведующий отделением опухолей кожи, костей и мягких тканей Максим Молчанов.

<https://3dtoday.ru/>

Также в Петербургском онкоцентре была проведена уникальная **операция по установке напечатанного на 3D-принтере протеза ноги**.

Как сообщил Комитет по здравоохранению, за помощью к врачам обратилась 70-летняя женщина, которой поставили диагноз «синовиальная саркома мягких тканей». Операция была проведена поэтапно, поскольку опухоль проросла в большую берцовую кость правой ноги. На первом этапе женщине удалили опухоль и установили спайсер взамен утраченной кости. Далее хирурги отделения опухолей кожи, костей и мягких тканей создали 3D-реконструкцию кости и провели установку протеза. Заведующий отделением Максим Молчанов уточнил, что подобная операция — шанс для пациентки ходить без костылей.

www.dp.ru

Хирурги Национального медицинского исследовательского центра детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера прооперировали двухлетнего мальчика, скорректировав **деформацию позвоночника с помощью временной металлоконструкции и 3D-печатных шаблонов**. Они удалили аномально развитый позвонок с прилегающими межпозвоночными дисками и установили разработанную собственными силами и изготовленную компанией «Медин-Урал» металлоконструкцию, полностью исправив врожденную деформацию грудного отдела позвоночника. Это первая металлоконструкция отечественного производства, предназначенная для коррекции деформаций позвоночника у пациентов раннего возраста. Примерно через

два года после операции металлоконструкцию можно будет удалить, и ребенок сможет вести полноценную, активную жизнь.

Операция длилась два часа и пятнадцать минут. Перед операцией врачи провели планирование хирургического вмешательства, смоделировали и напечатали на 3D-принтере пластиковые направляющие шаблоны, фиксируемые в ходе операции на костные структуры для установки опорных элементов металлоконструкции. Использование шаблонов обеспечило максимальную точность и корректность установки металлоконструкции. Применение аддитивных технологий позволило сократить длительность вмешательства и травматичность, а также уменьшить протяженность металлофиксации.

<https://3dtoday.ru/>

Группа ученых из Нижнего Новгорода, Санкт-Петербурга, Москвы и Новосибирска удостоилась **медицинской премии «Призвание» за внедрение технологий 3D-моделирования и 3D-печати в травматологию и ортопедию** (рис. 4). Лауреаты премии разработали персонализированную систему диагностики и лечения пациентов травматолого-ортопедического профиля с использованием компьютерного моделирования и аддитивных технологий, сообщает пресс-служба Приволжского исследовательского медицинского университета (ПИМУ). Перед операциями в случаях травм, дегенеративных изменений, инфекций и опухолей костей или суставов на 3D-принтерах создаются макеты поврежденных областей по данным компьютерной томографии пациентов, что позволяет более точно устанавливать диагнозы, подбирать имплантаты и планы лечения, репетировать предстоящие хирургические процедуры. Метод также позволяет конструировать 3D-печатные имплантаты с учетом индивидуальных особенностей пациентов.

«История отечественных индивидуальных имплантов, необходимых для замещения крупных костных дефектов, началась в 2015 году, когда в Санкт-Петербурге

Рис. 4. Ректор ПИМУ Николай Карякин и руководитель лаборатории аддитивных технологий ПИМУ Роман Горбатов на церемонии вручения премии



и Нижнем Новгороде были впервые выполнены операции с использованием изделий, изготовленных на 3D-принтерах. Прошло меньше года, и мы создали Ассоциацию специалистов по 3D-печати в медицине. Сегодня с использованием предложенного нами метода уже прооперировано более трех тысяч пациентов. Мы благодарим инженеров, программистов, химиков и других ученых, которые принимают участие в нашей работе», – прокомментировал Николай Карякин.

<https://3dtoday.ru/>

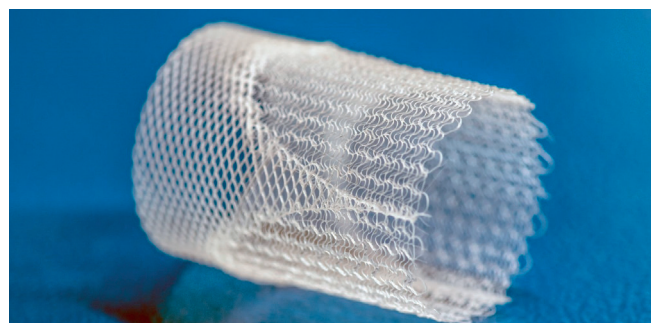
Лабораторию анатомического моделирования для образовательных программ в медицинской отрасли создадут в ИНТЦ «Валдай» в Новгородской области. Об этом сообщили в пресс-службе Новгородского государственного университета (НовГУ).

Резиденты ИНТЦ – специалисты компании «Анатомическое проектирование» производят анатомически верные копии ключевых органов и костных тканей человека. Проект реализуется совместно с врачами из Первого Санкт-Петербургского медуниверситета им. Павлова и Московского медико-гуманитарного института дообразования. Разработчики планируют увеличить количество вариаций анатомических моделей, создать электронный атлас и произвести прототипы моделей для использования программами дополненной реальности.

<https://tass.ru/>

Исследователи из Германии и Австралии напечатали на 3D-принтере **искусственные сердечные клапаны**, которые позволяют собственным клеткам пациента формировать новую ткань, сообщает Мюнхенский технический университет (рис. 5). Ученые впервые симитировали эту гетерогенную структуру с помощью специального процесса 3D-печати – melt electrowriting. Это относительно новая технология аддитивного производства, в которой для создания точных узоров из очень тонких полимерных волокон используется высокое напряжение. Полимер нагревается, плавится и выталкивается из печатающей головки в виде струи жидкости. В результате получается тонкое волокно с диаметром от пяти до пятидесяти микрометров. «Запись» воло-

Рис. 5. Увеличенное фото сердечного клапана. Фото: Andreas Heddergott, TUM



конной струи по заданным шаблонам осуществляется с помощью управляемого компьютером движущегося коллектора. Геометрические характеристики, такие как длина, диаметр и толщина каркаса, можно легко настроить с помощью графического интерфейса.

Для каркасов команда использовала медицинский поликапролактон (PCL) для 3D-печати, который совместим с клетками и биоразлагаем. Идея состоит в том, что после имплантации сердечных клапанов PCL собственные клетки пациента будут расти на пористом каркасе. Затем клетки потенциально могут образовать новую ткань до того, как PCL-каркас разрушится.

Каркас PCL встроен в эластичный материал, который имитирует свойства природного эластина, и обеспечивает микропоры меньшего размера, чем поры структуры PCL. Так остается достаточно места для оседания клеток, но при этом клапаны для кровотока закрываются надлежащим образом.

Кроме того, исследователи усовершенствовали PCL, добавив к ним сверхмалые суперпарамагниты — наночастицы оксида железа. Так команда смогла визуализировать каркасы с помощью МРТ.

Спроектированные клапаны были протестированы с помощью модели системы кровообращения, воспроизводящей физиологические кровяное давление и поток.

<https://scientificrussia.ru/>

Стоматология

Для имплантации зубов ученые Сеченовского университета предложили печатать на 3D-принтере титановый каркас, который позволит изменить форму челюсти и восстановить красивый зубной ряд.

В стоматологии до сих пор часты случаи, когда сложное, травматичное удаление зубов проводят без применения дополнительных методик по заживлению челюсти, и впоследствии у таких пациентов на месте удаления кость в первоначальном объеме уже сама не формируется. Помимо изменения эстетики десны, это меняет и саму форму челюсти. В результате восстановление зубного ряда затруднено, иногда даже невозможно провести дентальную имплантацию, а в тяжелых случаях — даже установку протезов. Чтобы избежать осложнений, стоматологи проводят операции по восстановлению объема и формы челюсти, в том числе — с применением титановых сеток. Такая методика позволяет нарастить костную ткань, но до сих пор она не получила широкого распространения в клинической практике. В Сеченовском университете эту методику усовершенствовали и планируют применять для лечения сложных пациентов.

Теперь планируется провести полноценные доклинические исследования. Внедрение в практику новой методики может произойти уже через год.

<https://rg.ru/>

Биопринтинг

В США была проведена уникальная хирургическая операция, в ходе которой впервые в истории была выполнена пересадка человеческого уха, **отпечатанного на 3D-принтере** (рис. 6). Как сообщают ведущие американские издания, 3D-печать и имплантация протеза были выполнены компанией 3DBio Therapeutics, специализирующейся на разработке и внедрении биотехнологий. В качестве материала для 3D-печати использовались собственные клетки 20-летней пациентки, родившейся с деформацией одного уха.

Использование собственных клеток для формирования имплантата наружного уха позволяет свести к минимуму риски отторжения такого протеза организмом пациента. Для получения материала проводится процедура биопсии, в ходе которой собирают хрящевые клетки. Из них впоследствии в лаборатории выращивают то, что сама компания 3DBio Therapeutics называет «биочернилами». При этом возможности 3D-печати позволяют придать имплантату форму и размер, которые с максимальной точностью копируют второе, здоровое ухо.

При этом представители 3DBio Therapeutics подчеркивают, что пересадка пациентке уха, отпечатанного из биоматериала на 3D-принтере, носила скорее косметический, а не функциональный характер.

<https://cvetmir3d.ru>

Выпускники магистерской программы iPhD «Биоматериаловедение» НИТУ МИСИС создали новый **биосовместимый гибридный полимерный материал и модельный имплантат ушной раковины на его основе**. Материал синтезирован из двух функциональных составляющих: пористого 3D-печатного каркаса и агарового гидрогеля в качестве наполнителя, «сшитого» феруловой кислотой. Благодаря персонализированному изготовлению имплантата с использованием современных аддитивных технологий появилась возможность точного воссоздания формы и рельефа ушной раковины (рис. 7). Состав наполнителя позволяет использовать клеточные структуры пациента, что значительно ускорит приживаемость и снизит риск нежелательных осложнений.

Разработка коллектива предназначена для пластической хирургии и ветеринарии. В дальнейшем планируется реализовать проект «под ключ» и довести разработ-

Рис. 6. Ухо, напечатанное компанией 3DBio Therapeutics



Рис. 7. Ухо, напечатанное в НИТУ МИСИС



ку до коммерческого продукта. Следующими этапами проекта станут испытания по гостированной методике, проведение токсикологических испытаний, подготовка патента и выход на доклинические испытания.

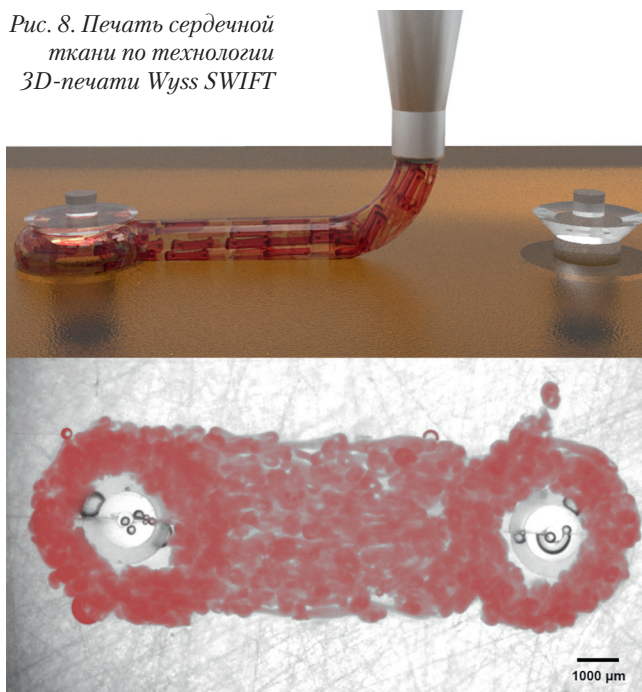
По данным Американского общества пластических хирургов, только в США в 2020 году было проведено более 53 000 операций по пластике ушной раковины. В России, по предварительным подсчетам, может проводиться более 5800 операций в год.

<https://misis.ru/>

Гарвард усовершенствовал **технология 3D-печати Wyss SWIFT для печати тканей сердца** (рис. 8).

Команда инженеров и биологов из Гарвардского университета утверждает, что совершила прорыв в тканевой инженерии. С помощью технологии 3D-печати ученые напечатали сердечные макрофиламенты — функциональную часть сердца, состав и поведение которой полностью соответствует настоящему органу.

Рис. 8. Печать сердечной ткани по технологии 3D-печати Wyss SWIFT



В ходе исследования ученые разработали новый набор методов для инженерии сердца. Они использовали биочернила с плотно упакованными сократительными строительными блоками органов (СОБ), состоящими из кардиомиоцитов, и с их помощью создали листы сердечной ткани со сложной структурой. Эти листы максимально приближены по структуре и функциям к настоящим слоям сердечной мышцы человека. В будущем, если такую ткань печатать в несколько слоев, можно будет «собирать» органы, пригодные для трансплантации. Новая технология основана на существующей системе 3D-печати Wyss SWIFT. Ученые отметили, что созданная технология уже способна принести ощу-

VII Всероссийская научно-практическая конференция «3D-технологии в медицине»

состоится **17 февраля 2023 года** в г. Нижний Новгород по адресу пр. Гагарина, д. 27. ГК «ОКА».

На конференции свои доклады представляют ведущие специалисты в области аддитивных технологий, включая врачей, ученых, инженеров, IT-специалистов. Кроме того, в рамках конференции состоится Общее собрание членов Ассоциации специалистов по 3D печати в медицине, на котором будут определены основные направления развития медицинской 3D-печати в Российской Федерации.

Основные темы конференции:

1. Технологии 3D-визуализации
2. Техническое и программное обеспечение 3D-печати в медицине
3. Современные материалы для 3D-печати
4. Технологии постобработки напечатанных на 3D-принтере изделий
5. Практические случаи применения аддитивных технологий 3D-печати в медицине
6. Биопечать и биофабрикация — настоящее и будущее
7. 3D-биотехнологии



Для участия в конференции до **15 декабря 2022 г.** в оргкомитет необходимо в письменном виде отправить:

- заявки на выступления – e-mail: office@nn-terra.ru;
- тексты для электронного сборника тезисов (РИНЦ) – e-mail: thesis@nn-terra.ru;
- заявки на участие в «Модерируемой постерной секции молодых специалистов» (возраст до 35 лет) – e-mail: thesis@nn-terra.ru.

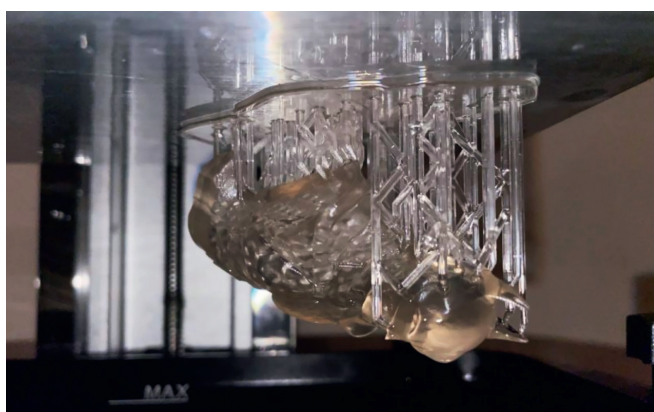
Подробнее об формах заявок на сайте <https://as3dm.ru/news/354>

тимую пользу пациентам. Напечатанные ткани могут быть использованы для замены рубцов, возникающих после сердечного приступа, или для изучения заболеваний в лабораторных условиях. Кроме того, технология может быть использована для поддержки детей с врожденными пороками сердца.

<https://news.rambler.ru>

В лаборатории полимерных материалов Курчатовского комплекса НБИКС-природоподобных технологий синтезировали **смолы для 3D-печати медицинских изделий на основе биосовместимых биоразлагаемых полиэфиров — лактида и капролактона** (рис. 9). Затем смолами разного состава в биопринтере напечатали стандартные образцы для испытаний.

Рис. 9. Печать образцов новыми смолами



«Результаты испытаний показали, что олигомеры обладают более низкой вязкостью в отличие от высокомолекулярных аналогов. Это позволяет использовать при печати более узкие сопла 3D-принтера, что значительно увеличивает точность при создании имплантатов, — сообщил младший научный сотрудник лаборатории полимерных материалов Кирилл Калинин. — Также мы выявили более высокие показатели сцепления между слоями, что напрямую влияет на механические характеристики. Печатать имплантаты такими низковязкими смолами можно при существенно более низких температурах, поэтому в них можно добавлять лекарственные препараты, не опасаясь потери лечебных свойств. В итоге получится имплантат, наполненный препаратами, ускоряющими заживление, или антибиотиками, предотвращающими размножение бактерий».

По словам сотрудников лаборатории, в идеале в травматологическом отделении больницы должен функционировать инженерный отдел с 3D-принтерами. «При поступлении больного со сложным переломом снимают компьютерную томографию, на основе которой создается 3D-модель будущего имплантата, и затем он печатается всего за несколько часов», — отметил Кирилл Калинин.

<http://nrcki.ru/>

Устройства и приспособления

Пилотный проект, осуществляемый детским реабилитационным центром Romans Ferrari в Лионе в сотрудничестве с 3DZ, дополняет **возможности аддитивного производства в медицине**. В этом случае 3D-печать использовалась для изготовления лицевых масок (рис. 10), которые могут помочь в лечении детей с ожогами лица.

Рис. 10. Маска для лечения ожогов



Сотрудничество позволило переосмыслить процедуру и сделать ее более удобной, менее инвазивной и более эффективной. По сути, компании заменили использование гипсовой повязки для получения оттиска лица пациента на 3D-сканирование, благодаря чему удалось получить идеальное воспроизведение лица во всех его деталях, не прикасаясь к коже. Затем протез был изготовлен с использованием 3D-принтера, что сделало его более точным.

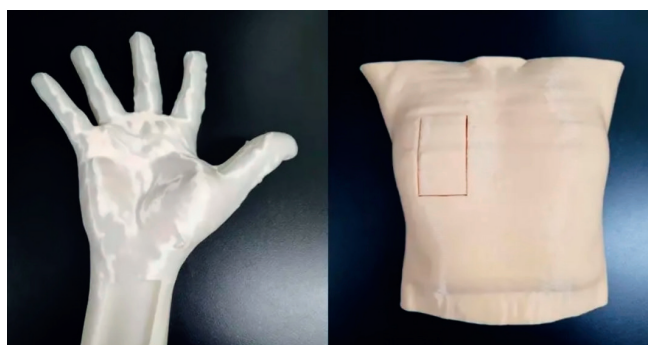
Силиконовые устройства помещаются внутрь лицевого ортеза. Они массируют обожженную область и способствуют лучшему заживлению и рубцеванию.

www.3dnatives.com

Корейский институт радиологических и медицинских наук использует в своей лаборатории **профессиональный 3D-принтер Pro2 Plus с двойным экструдером для производства нескольких вспомогательных средств для радиотерапии**.

Так, в работу было внедрено приложение для создания 3D-печатного болюса для облучения (рис. 11),

Рис. 11. Напечатанная модель для планирования лечения и болюс для облучения



адаптированного к анатомии и геометрии каждого пациента. Такая технология обеспечивает плотное прилегание болюса к коже без воздушного зазора между ними.

Кроме того, лаборатория может распечатать точную копию части тела пациента в качестве модели для планирования лечения. Программное обеспечение Raise3D, ideaMaker, позволяет создавать экспериментальные модели, которые могут имитировать множество разных уровней высокой детализации и точности. Например, возможность печатать часть модели позволяет определять желаемую степень заполнения или плотность объекта.

Также команда исследует влияние радиации на экспериментальный материал, чтобы выяснить, можно ли его использовать для изготовления противорадиационных масок. Такие материалы дорогие и сложные в обработке.

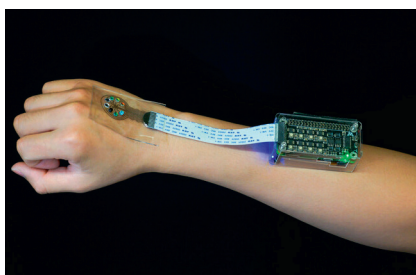
Команда доктора Джона Чоя является классическим примером применения 3D-печати в радиационной медицине.

<https://cvetmir3d.ru/>

Ультрафиолетовый свет и, в некоторых случаях, видимый свет могут вызывать вспышки симптомов волчанки — как на коже, так и внутри — но врачи не всегда понимают, какие комбинации световых длин волн вызывают симптомы.

Носимое устройство (рис. 12), разработанное в Университете Миннесоты, обеспечивает **мониторинг воздействия света и состояния кожи в режиме реального времени**. Таким образом, его можно использовать для отслеживания любой корреляции между воздействием света и вспышкой болезни.

Рис. 12. Устройство для мониторинга светового воздействия

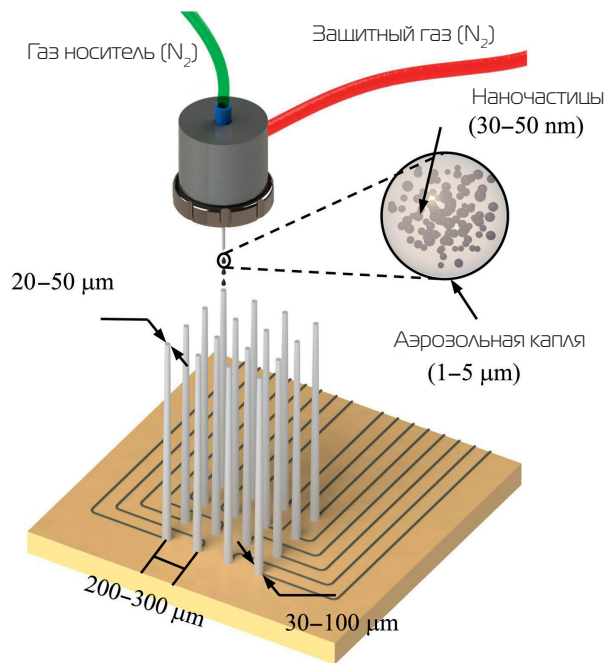


Часть, напечатанная на 3D-принтере на биосовместимой силиконовой основе, состоит из нескольких слоев. Слои включают электроды и перестраиваемые оптические фильтры. Фильтры могут быть разработаны для облегчения обнаружения различных длин волн света.

Было получено разрешение на начало тестирования данного устройства на людях, и вскоре начнется регистрация. Помимо волчанки система может оказаться полезной для людей, страдающих другими заболеваниями, чувствительными к свету.

<https://3dprinting.com>

Рис. 13. Процесс печати. Фото: CMU



Исследователи из Университета Карнеги — Меллона представили печатное устройство (рис. 13), которое однажды может **помочь людям, страдающим различными неврологическими проблемами**, такими как эпилепсия или потеря функций конечностей из-за инсульта.

Устройство получило название CMU Array и представляет собой массив микроэлектродов сверхвысокой плотности (МЕА). Устройства, подобные этому, работают, соединяя нейроны мозга с внешними электронными устройствами, что позволяет отслеживать (или стимулировать) активность мозга. CMU можно адаптировать к потребностям пользователя, изменив длину и положение электродов.

Массив был напечатан с использованием процесса аэрозольной струйной 3D-печати, имеет плотность электродов 2600 каналов на см² площади. Это при межстержневом расстоянии около 200 микрон. Таким образом, массив CMU имеет более высокую способность выборки, чем существовавшие ранее 2D-массивы, может быть более точно расположен и собирать информацию именно там, где это необходимо. Дополнительные преимущества CMU Array включают установку с минимальным объемом ткани, превосходное отношение сигнал/шум и низкий импеданс на канал.

Ожидается получение патента на технологию, и следующим шагом является обеспечение финансирования для начала ее коммерциализации.

<https://3dprinting.com/>

Исследователи из Стэнфордского университета использовали **3D-печать для разработки датчика деформации**, который позволяет осуществлять

беспроводной мониторинг регрессии опухоли у больных раком.

Устройство, состоящее из слоя золота толщиной 50 нм, отлитого методом капельного литья на гибкий полимер, заключенное в напечатанный на 3D-принтере корпус, предназначено для непосредственного наматывания вокруг опухоли. После установки растягиваемый датчик расширяется и сжимается при сборе данных по мере прогрессирования опухоли, что может предоставить врачам новый недорогой масштабируемый способ оценки реакции пациентов на лечение.

<https://3dprintingindustry.com/>

Может ли 3D-печать исправить дальтонизм?

Согласно исследованию, проведенному Халифским университетом науки и технологий Абу-Даби (Великобритания), 3D-печать теперь может лечить дальтонизм. Исследователи университета создали линзы, способные улучшить повседневную жизнь людей, страдающих этой болезнью (рис. 14). Команда использовала прозрачную смолу, смешанную с двумя красителями, фильтрующими длину волны, чтобы подкрасить линзы, напечатанные на 3D-принтере. Добровольцы проверили очки и обнаружили, что они эффективнее с точки зрения комфорта и улучшения зрения по сравнению с имеющимися в продаже корректирующими линзами для дальтонизма. Для оправы исследовательская группа использовала программное обеспечение Solidworks. 3D-печать осуществлялась на SLS-принтере Prusa SL1.

Рис. 14. Тонированные линзы для лечения желто-синей цветовой слепоты (фото: Medcoptic)



www.3dnatives.com/

Исследователи из Томского политехнического университета нашли **способ снизить использование животных в доклинических исследованиях в области лучевой терапии онкологических заболеваний**. Альтернативой служат дозиметрические фантомы в виде напечатанных на 3D-принтере моделей крыс и мышей.

Над проектом работала группа ученых, инженеров и студентов под руководством доцента Исследовательской школы физики высокоэнергетических процессов ТПУ Сергея Стучеброва, сообщает пресс-служба вуза.

Исследование проводилось в несколько этапов.

Рис. 15. Дозиметрический фантом, напечатанный на 3D-принтере



Сначала ученые проанализировали томографические данные лабораторных животных, чтобы определить точную анатомическую структуру. Затем на основе этих данных были созданы цифровые 3D-модели тел и некоторых внутренних органов животных. Фантомы изготавливались из двух видов пластика — ПЛА для мягких тканей и ПЛА с примесью меди для костных. 3D-печатные модели (рис. 15) включают радиологические имитаторы кожи, головного и спинного мозга, мышечных, костных и легочных тканей.

«Разные типы мягких тканей, например, мышцы и жир, при изготовлении требовали тонких настроек печати, что позволило в итоге максимально приблизить нашу модель к реальным характеристикам тканей животного. Используемый пластик позволил имитировать свойства взаимодействия с ионизирующим излучением, как если бы это взаимодействие было с реальными тканями. Модель должна быть максимально приближена к реальной анатомии животного, принимая во внимание расположение и размеры внутренних органов и систем», — поясняет Сергей Стучебров.

Изделия политехников можно применять неоднократно, дополнительно предусмотрена возможность размещения в фантомах дозиметрического оборудования, например, пленочных дозиметров, ионизационных камер и термолюминесцентных дозиметров. Осенью 2022 года ученые проведут дозиметрические испытания фантомов в Научно-исследовательском институте онкологии Томского национального исследовательского медицинского центра.

<https://3dtoday.ru/>

Ветеринария

Интернет наполнен примерами использования аддитивного производства для изготовления **протезов для мелких животных**, таких как кошки и собаки, но в данном примере идет речь о более крупном животном. Фреда — 15-летняя клейдесдальская лошадь, живущая в школе верховой езды Ларкригг, Кендал, Англия. У нее образовалась язва в копыте, и после того,

Рис. 16. Напечатанный чехол для копыта лошади.
Фото: Эндрю Олсхорном



как язву удалили, ее заклеили марлей и клейкой лентой, чтобы предотвратить заражение. Но такая повязка постоянно отваливалась, сохраняя риск заражения, дальнейшего распространения язвы, и вызывала боль.

Решение было найдено благодаря ветерану 3D-печати Эндрю Олсхорну, владельцу и техническому директору компании 3D-Squared Ltd, базирующейся в Камбрии, который напечатал на 3D-принтере резиновую подкову из гибкого материала TPU, которую затем прибили к ноге лошади (рис. 16).

<https://3dprinting.com/>

В центре прототипирования «Скат 3D» начали печатать **ортопедические римеры**. Это специальные сверла, которые применяют в сложных операциях по замене тазобедренных суставов у животных. Кроме того, начали печатать эндопротезы тазобедренного сустава. Производство пока что штучное, сообщается на сайте мэра Москвы. Имплантаты делают из высокопрочной стали. Их применяют как образцы для обучения ветеринаров-хирургов. «Скат 3D» намерен до конца 2022 года запустить массовое производство стальных римеров и эндопротезов из титана.

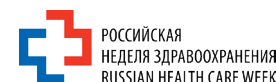
<https://riamo.ru>

События

Представленные в данном обзоре новости показывают, то 3D-печать уже находит широкое применение для решения практических медицинских задач, в том числе российскими специалистами. Это подтверждают и тематические конференции этого года, где обсуждались достижения и проблемы, шел обмен опытом и осуществлялась кооперация между ведущими

IV конференция «Аддитивные технологии для медицины»

состоится в рамках
деловой программы форума



Место проведения: г. Москва, ЦВК «Экспоцентр»,
презентационная площадка павильона «Форум»

Время проведения: **5 декабря 2022 г., с 10 до 14.30 часов**

Организаторы: ЦВК «Экспоцентр», компания Z-axis

Информационный партнер: журнал «Аддитивные технологии»

Проект программы:

- 10:00 Сбор и регистрация участников
- 10:20 **Вступительное слово.** Сергей Кулаков, генеральный директор Z-axis
- 10:30 **3D-печать в стоматологии — новые тренды.** Артем Гатич, специалист по развитию бизнеса MyDent 24
- 11:00 **Formlabs — передовые 3D-технологии для цифровой медицины и стоматологии.** Константин Захватов, генеральный директор «iGo3D Россия»
- 11:30 **Новые материалы для аддитивных технологий в медицине.** Дмитрий Миллер, исполнительный директор REC & 3D Solutions
- 11:45 **Применение технологии фотополимерной 3D-печати в медицине.** Алексей Орехов, руководитель медицинского направления Hartz Labs
- 12:15 **Биопечать микроканального кондукта, наполненного клеточными сфероидными для замещения дефектов нервной ткани.** Сергей Жирнов, инженер НОЦ биомедицинской инженерии НИТУ МИСИС
- 12:40 **Эволюция взглядов на использование 3D-печатных имплантатов в эндопротезировании коленного сустава.** Андрей Зыкин, к.м.н., заведующий травматолого-ортопедическим отделением Института травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России
- 13:05 **Технологии 3D-печати в медицине — последние тенденции.** Олег Горбатов, к.м.н., врач-травматолог-ортопед ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, доцент кафедры травматологии, ортопедии и нейрохирургии им. М.В. Колокольцева, руководитель лаборатории аддитивных технологий, член правления Ассоциации специалистов по 3D-печати в медицине
- 13:30 **3D-технология печати живой ткани In Situ Bioprinting.** Юсеф Хесуани, управляющий партнер Bioprinting 3D Solutions
- 14:00 **Технология 3D-печати — применение карбона для производства протезов ног.** Алексей Собченко, руководитель проекта компании «Медитроника»
- 14:20 **3D-технологии для производства ортопедической обуви, изготовление и копирование деталей для медоборудования — реверс-инжиниринг.** Сергей Кулаков, генеральный директор Z-axis

Принимаются заявки на участие.

Дополнительная информация:

+7 963 966-97-82 (есть WhatsApp), s.kulakov@z-axis.ru

Рис. 17. Рашид Тихилов.
Фото: https://vk.com/wall-211174324_85



Рис. 18. Конференция «Возможности применения аддитивных технологий в практической хирургии». Фото: www.atomic-energy.ru



коллективами. Инициаторами данных мероприятий выступают представители медицинского сообщества, выставочные центры, инжиниринговые компании.

Так в рамках выставки RosMould–2022 впервые состоялась научная сессия «Аддитивные технологии в медицине», где ведущие отечественные специалисты представили свои наработки с применением 3D-печати в области хирургии. Среди обсуждаемых тем: 3D-технологии в хирургии тазобедренного сустава и других крупных суставов, реконструктивная челюстно-лицевая хирургия, хирургия черепа. Внимание уделялось не только опыту проведения операций, но и всем составляющим 3D-технологии: визуализации, прототипированию, аддитивному производству. Доклады подготовили представители ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» (Санкт-Петербург), ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» (Новосибирск), ФГБУ ФЦТОЭ (Барнаул), ФГБОУ ВО «ПИМУ» (Нижегород), ФГБУ «НМИЦ им. ак. Е.Н. Мешалкина», НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина, ФГБУ «НМИЦ ДГОИ им. Дм. Рогачева», ФГБОУ ВО «МГМСУ» им. А.И. Евдокимова (Москва). География участников сама по себе уже показательна с точки зрения широты проводимых работ.

Как всегда, важной составляющей в любом сложном деле является профессиональный уровень специалистов. Поэтому с удовлетворением можно отметить информацию, представленную Рашидом Тихиловым, директором НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена и одним из модераторов конференции (рис. 17) о том, что для подготовки врачей уже создаются функциональные группы при крупных центрах для обучения внедрению 3D-моделирования и проектирования. Например, моделированию обучают в «Институте цифровой медицины» на базе «Сеченовского университета», в Центре «Аддитивные технологии в медицине» на базе СамГМУ, на специальности «Медицинская кибернетика» в МБФ РНИМУ им. Н.И. Пирогова, в НИЛ «Аддитивные технологии в медицине» на базе Казанского Федерального университета.

Кроме того, выступающими подчеркивалась необходимость развивать инструменты коммуникации и обратной связи хирург-инженер. От эффективности этого взаимодействия также зависит качество конечного продукта, т.е. результат лечения. Среди производственных компаний-партнеров прозвучали названия: «ЛОГИКС медицинские системы» (Новосибирск), «ТИОС», «ИТК Эндопринт», «Кенмет» (Москва).

По данным ссылкам можно ознакомиться с видеозаписью конференции:

www.youtube.com/watch?v=3O7Z6e5PPeg&t=2s

www.youtube.com/watch?v=nX2cX5qsAYE&t=14s

Традиционную экспертную сессию «Возможности применения аддитивных технологий в практической хирургии» провела в Сочи корпорация Росатом [www.atomic-energy.ru/news/2022/07/05/126152]. Инициатором мероприятия, касающегося импортозамещения медицинской техники с помощью аддитивных технологий, выступило АО «Наука и инновации».

Как рассказал директор по стратегии АО «Наука и инновации» Андрей Кладков, в 2022 году компания ожидает получения регистрационного удостоверения на собственный программный продукт для аддитивных технологий для медицины, способный заменить существующие зарубежные аналоги, и готова стать центром консолидации всех участников в целях продвижения отечественных технологий и продуктов на рынок. Его поддержали представители медицинских центров и вузов, отмечая, что такую проблему как замещение импортной медтехники и изделий возможно решить, только объединив усилия разработчиков, производителей и медицинского сообщества.

Впереди ожидаются новые события, который затронут тему применения аддитивных технологий в медицине. И они, несомненно, будут интересными. Будем следить за информацией. ■

Проект аддитивных технологий
в промышленности в рамках
выставки RUPLASTICA



Powered by 3D Fab+Print

24 - 27 ЯНВ
2023
МОСКВА
РОССИЯ

ПОДПИСНОЙ КУПОН НА ЖУРНАЛЫ



РИТМ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Вы можете оформить подписку на **журнал «РИТМ машиностроения»** с любого месяца. Стоимость одного номера — **350** рублей, стоимость годовой подписки (10 номеров) — **3500** рублей.

Для выставления счета направьте заполненный купон по адресу: ritm@gardesmesh.com

БАНКОВСКИЕ РЕКВИЗИТЫ:

ООО «ПРОМЕДИА»
 Юр. адрес: 107140, г. Москва,
 ул. Верхняя Красносельская,
 д. 17А, стр. 1Б
 Почт. адрес: 107140, г. Москва,
 ул. Верхняя Красносельская,
 д. 17А, стр. 1Б, офис 306-1
 ИНН 7708266787
 КПП 770801001
 Р/с 40702810400120033781
 ПАО АКБ « АВАНГАРД»
 г. Москва
 К/с 3010181000000000201
 БИК 044525201

Фамилия, имя, отчество (получателя):

Наименование предприятия (организации, фирмы):

Индекс и полный почтовый адрес (получателя):

Юридический адрес (для выставления счета)

ИНН/КПП

Телефон:

E-mail (если он имеется)

Подписка на журнал "РИТМ машиностроения":

номер

год

Подписка на журнал "Аддитивные технологии":

номер

год



Вы можете оформить подписку на **журнал «Аддитивные технологии»** с любого месяца. Стоимость одного номера — **350** рублей, стоимость годовой подписки (4 номера) — **1400** рублей.

Для выставления счета направьте заполненный купон по адресу: info@additiv-tech.ru



107140, г. Москва, ул. Верхняя Красносельская, д. 17А, стр. 1Б, офис 306-1, т/ф (499) 55-9999-8,
 e-mail: ritm@gardesmesh.com, www.ritm-magazine.ru
 e-mail: info@additiv-tech.ru, www.additiv-tech.ru