

at

АДДИТИВНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ

1 / 2019



ДИПОЛЬ

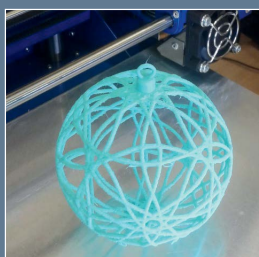
**МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ СКАНЕРЫ SHINING 3D
КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД ОТ ЛИДЕРОВ 3D-РЫНКА**

www.dipaul.ru, Санкт-Петербург, ул. Рентгена, д. 5Б
+7 (812) 421-78-33, 3d@dipaul.ru



Основные тенденции российского рынка металлических порошков для аддитивных технологий

24



Аддитивные или субтрактивные технологии? Опыт использования CAD/CAM/CAPP-системы

28



Аддитивные технологии в стоматологии

34

Профессиональные 3D-принтеры от ведущего мирового производителя

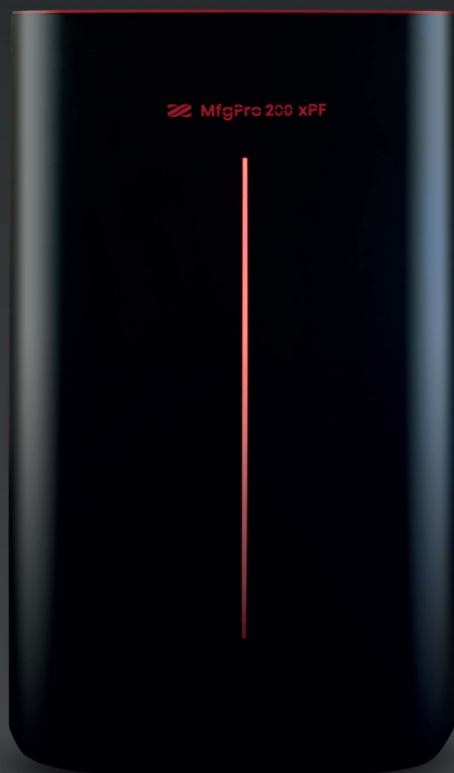


Новейшая линейка профессиональных устройств XYZprinting на базе технологий SLS, SLA, Binder Jetting, DLP, LSPc, FDM

Решения для дизайна, прототипирования и производства готовых изделий

Готовые изделия и прототипы в 40 раз быстрее!

MfgPro700 xPF



MfgPro1600 xPF



Вертикальная скорость 3D-печати до 1 см в минуту

Официальный дистрибьютор на территории Российской Федерации и стран таможенного союза – компания AM-CORE.

Адрес: г. Москва, Проспект Маршала Жукова, д.1 стр.1

Тел: 8(499) 678-123-5

E-mail: info@am-core.ru

Сайт: <http://am-core.ru>

AM CORE



Издатель ООО «ПРОМЕДИА»
директор О. Фаина
главный редактор М. Копытина
отдел редакции: Т. Карпова, Э. Сацкая
С. Куликова, Е. Ерошкина
консультант: Н.М. Максимов,
nikamax@gmail.com

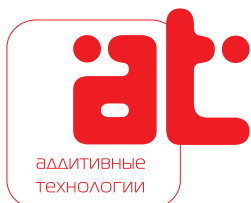
АДРЕС: 101000, Москва, Милютинский пер.,
18А, оф. 36с, помещение 1, 3
т/ф (499) 55-9999-8
(многоканальный), (495) 256-80-86
e-mail: info@additiv-tech.ru, www.additiv-tech.ru

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.

СОДЕРЖАНИЕ

- 9 Печать изделий методом лазерного спекания полиамидных порошков
- 10 formnext–2018: впервые на выставке
- 12 Тренды развития аддитивных технологий
- 16 formnext–2018: новые решения и впечатления по отзывам компаний — участников выставки
- 18 VISION 300: первый профессиональный принтер для печати инженерными пластиками у вас дома
- 21 Впервые в России создан 3D-принтер для печати высокотемпературными инженерными пластиками
- 24 Основные тенденции российского рынка металлических порошков для аддитивных технологий
- 28 Аддитивные или субтрактивные технологии? Опыт использования CAD/CAM/CAPP-системы в общем и дополнительном образовании
- 34 Аддитивные технологии в стоматологии



ПОДПИСНОЙ КУПОН

Вы можете оформить подписку на журнал «Аддитивные технологии» с любого месяца. Стоимость одного номера — 250 рублей, стоимость годовой подписки — 1000 рублей.

БАНКОВСКИЕ РЕКВИЗИТЫ:

ООО «ПРОМЕДИА»
Юр. адрес: 101000, г. Москва,
Милютинский пер., 18А
Почт. адрес: 101000, г. Москва,
Милютинский пер., 18А, оф. 36с1
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: номер год

Для выставления счета направьте заполненный купон по адресу: info@additiv-tech.ru.
Частные лица могут подписаться без счета, оплатив подписку в Сбербанке по указанным реквизитам.

101000, Москва, Милютинский пер., 18А, оф. 36с, пом. 1, 3, т/ф (499) 55-9999-8 (многоканальный), (495) 256-80-86
e-mail: info@additiv-tech.ru, www.additiv-tech.ru

27–31 | 05 | 2019

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»
www.metobr-expo.ru



2019

20-я международная
специализированная
выставка

МЕТАЛЛООБРАБОТКА



Реклама 12+



**«Оборудование,
приборы и инструменты
для металлообработывающей
промышленности»**

При поддержке:

- Совета Федерации Федерального Собрания РФ
- Министерства промышленности и торговли РФ
- Союза машиностроителей России

Под патронатом ТПП РФ

Организаторы:



РОССИЙСКАЯ АССОЦИАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ
СТАНКОИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ
«СТАНКОИНСТРУМЕНТ»

ЭКСПОЦЕНТР

Рис. 1.



Рис. 2.



«Мосты-рекордсмены»

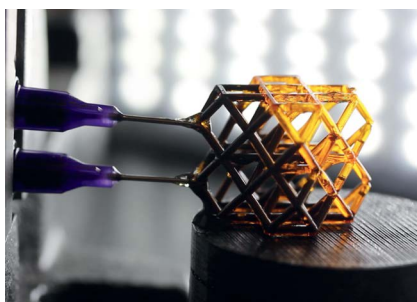
Бетон или пластик? Выбирайте на свой вкус: вслед за самым длинным 3D-печатным полимерным мостом в мире в Шанхае открылся и рекордный железобетонный вариант (рис. 1). Самый длинный на сегодняшний день 3D-печатный мост в мире спроектировала Сюй Вэй Го, профессор архитектуры пекинского Университета Цинхуа. В длину конструкция достигает 26,3 метров. Для сравнения: пластиковый аналог (рис. 2) простирается на пятнадцать метров, и это тоже рекорд, но для полимерных мостов.

Дизайн в общих чертах повторяет мост Аньци — старейший мост в Китае, возведенный примерно 1400 лет назад. Но если на постройку древнего каменного моста ушло одиннадцать лет, то железобетонный аналог родился на свет за 450 машино-часов. Отдельные блоки, собранные и установленные на стальную арку, печатались двумя роботами-манипуляторами. К тому же новичок куда «умнее» своего предка: ради безопасности пешеходов в конструкцию встроены датчики, отслеживающие нагрузки и состояние моста. Полученные данные будут использоваться в следующих проектах.

<http://3dtoday.ru>

Новые магнитные метаматериалы

Исследователи из Ливерморской национальной лаборатории имени Лоуренса в США разработали новый метаматериал из напечатанных на 3D-принтере полых решетчатых конструкций с ферромагнитной жидкостью, которая мгновенно затвердевает под воздействием магнитного поля. Платформа для микро-стереолитографии с крупномасштабной проекцией (LAP μ SL) позволила изготовить стенки трубчатых сеток достаточно прочными, чтобы выдерживать вес ферромагнитного вещества, но при этом они достаточно гибкие и реагируют на магнитное поле.



Концепция моментального дистанционного изменения свойств материала позволяет говорить о целом ряде возможных применений — от подвесок и деталей аэрокосмических аппаратов до мягких роботов и бронированных костюмов.

www.3dpulse.ru

Биопечать в космосе

Множество компаний со всего мира проводит эксперименты по 3D-печати биологических образцов в условиях микрогравитации. Одна из них — это российская 3D Bioprinting Solutions (владелец — компания «ИНВИТРО»), разработавшая принтер для печати органов и тканей «Органавт». Особенностью устройства является то, что, в отличие от обычных моделей, где ткань создается послойно путем наложения клеток друг на друга, «Органавт» рассчитан на работу в невесомости и печатает ткань сразу с нескольких сторон. Создается магнитное поле заданной формы, и клетки левитируют в жидкости, не взаимодействуя с субстратом. Такое формативное производство позволяет создавать ткани только с помощью клеточного материала, без каркаса.



В ходе прошедшего на МКС эксперимента космонавт Олег Кононенко напечатал 12 органов — это щитовидные железы мыши и человеческие хрящи. Сейчас проводится их тестирование.

<https://hi-news.ru>

Нера

Электрический мотоцикл «Нера» — новое творение от Nowtab и BigRep. Он на 100% напечатан на 3D-принтере, вплоть до безвоздушных шин (за исключением электрических компонентов). Размер самой большой цельной 3D-части составил 120×45×20 см при общих габаритах 190×90×55 см. Детали печатались посредством технологии FDM на крупномасштабных устройствах BigRep с использованием простейших филаментов ProFLEX, ProHT, PLA и PETN через сопло 0,6–1 мм с высотой слоя 0,4–0,6 мм. Работает байк на электрическом двигателе, расположенном в задней части. Внутри



корпуса располагается батарея.

Традиционная подвеска была заменена гибкими бамперами. Этот байк и другие прототипы компании расширяют рамки инженерного творчества, меняя технологию в целом.

<https://make-3d.ru>

Анонс

В рамках конференции 3D fab + print Russia компания «Аддитивные решения» продемонстрирует 3D-принтер SLM собственной разработки.

В уникальной оптической системе принтера применена технология, которая позволяет добиться равномерного распределения тепла по всей площади лазерного пятна. В результате получаются изделия с меньшей пористостью и меньшими внутренними напряжениями за счет равномерного нагрева. Уменьшитель зоны построения трансформирует стандартную платформу диаметром 250 мм в платформу 70 мм. Благодаря этому можно работать с малым объемом порошка, это удобно при экспериментах, когда объем порошка ограничен, или при частой смене материала печати.

Помимо поставки оборудования была анонсирована услуга по коммерческой печати изделий addsol.ru/3d-print/ — на сайте компании можно сделать онлайн-расчет стоимости печати.



IV Всероссийская научно-практическая конференция

«3D технологии в медицине»

Технический организатор:  **ТЕРРА ИНКОГНИТА**
office@nn-terra.ru
+7(831) 421-000-6

Организаторы:

				Ассоциация специалистов по 3D печати в медицине
				ФГБУ «РНИИТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России
				НИИЦ ОНКОЛОГИИ им. Н.Н. Блохина

12.04.2019

ГК «ОКА»
г. Нижний Новгород,
пр-т Гагарина, д. 27

В поисках новых сфер применения

III международная конференция «Аддитивные технологии и 3D-печать: в поисках новых сфер применения» проходила на территории технопарка «Калибр» 9 октября 2018 года. Соорганизаторами конференции выступили Агентство промышленного развития города Москвы, Московский политехнический университет, а также Российско-Сингапурский Деловой Совет при Торгово-промышленной палате РФ.

Насыщенная деловая программа, которую посетило более 250 человек, была разделена на тематические секции. Впервые все участники конференции получили уникальную возможность принять участие в дискуссии и задать вопросы экспертам и членам рабочей группы TechNet НТИ, представляющим крупные компании с государственным участием, дочерние и зависимые организации которых находятся в Москве: ЗАО «ИНУМиТ», АО «Наука и инновации», ГК «Росатом», ГК «Ростех», ПАО «Объединенная авиастроительная корпорация» и др. Участники обсудили такие важные темы, как развитие аддитивных технологий на государственном уровне, проблемы внедрения отечественного программного обеспечения, новые материалы и сферы применения аддитивных технологий и т.д. Двадцать тематических докладов озвучили представители государственных структур и компаний – лидеров отрасли: ЗАО «ИНУМиТ», АО «Наука и инновации», ОАО «ТВЭЛ», ГК «Росатом», НОЦ «Центр аддитивных технологий», компания MSC Software RUS, 3D PICASO, ООО «ЦК

СПА», ФГБОУ ВО «МГТУ «Станкин», компания VR Concept, АО «Центр цифровых технологий» и др.

На конференции все желающие могли получить подробные консультации по поддержке экспортеров для выхода на внешние рынки со стороны Московского экспортного центра, а также по вопросам создания и ведения бизнеса, мерам финансовой поддержки от ГБУ «Малый бизнес Москвы».



Благодаря онлайн-трансляции, организованной партнером мероприятия ЗАО «Синтерра Медиа», за ходом дискуссий наблюдали зрители разных городов России: Казани, Нижнего Новгорода, Ростова-на-Дону, Саратова, Омска и др.

По признанию гостей и участников, конференция стала ярким событием в календаре этой осени. Мероприятие по аддитивным технологиям в аналогичном формате пройдет в технопарке «Калибр» в следующем году.

www.kalibroao.ru



VI Международный технологический форум «Инновации. Технологии. Производство»

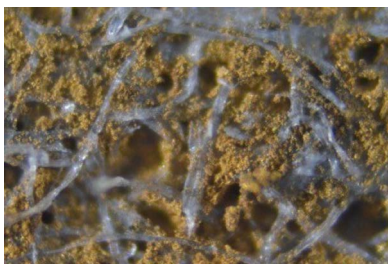
15-17 апреля 2019 года

г. Рыбинск, Ярославская область



Программа и информация по участию в форуме доступна на сайте <http://itp-forum.ru>

Дополнительная информация по телефонам: 8 (4855) 326-038, 326-045



Печать металлами на ткани

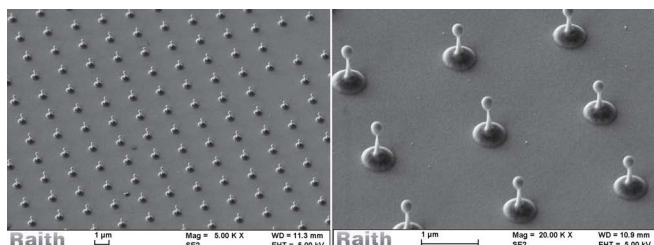
Группа исследователей из Имперского колледжа Лондона разработала технологию 3D-печати металлов, таких как серебро, золото и платина, на натуральных тканях и бумаге. Она далеко не нова, однако впервые металлами покрывается не вся поверхность, а только волокна, что позволяет сохранить гибкость конечного продукта.

Этот процесс может использоваться для включения недорогих батарей, беспроводных технологий и датчиков в бумажный и хлопчатобумажный текстиль: новые медицинские диагностические инструменты, беспроводные датчики-наклейки для измерения загрязнения воздуха или получение одежды, способной контролировать здоровье пользователя. Исследовали уже использовали технологию для производства целого ряда датчиков, включая датчик на бумажной основе для обнаружения генетических индикаторов болезни Джона.

<http://3dmag.org>

С высокой скоростью

Технология, которую разработали ученые ДВФУ, позволяет создавать на поверхности металлов наноразмерные структуры с помощью фемтосекундного лазера с частотой миллион импульсов в секунду. Чтобы добиться этого, ученые расщепили каждый луч на 50 импульсов с помощью специальных оптических элементов. Образуется полоска из 50 точек, с помощью которой идет очень быстрое сканирование (скорость сканирования достигает 10 миллионов элементов в секунду). Получаемые наноразмерные массивы обладают свойствами, полезными для создания функциональных наноматериалов, например, сенсорных элементов для определения опасных газов, жидкостей, маркеров онкологических заболеваний и метаболитов патогенных микроорганизмов.



<https://chrdk.ru>

ЛАЗЕРНЫЕ АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Станок для лазерной наплавки
и прямого выращивания
из металлического порошка (LMD)

СЕРИЯ
МЛ7 производится
с 2016



 Разработано и произведено в России

Рабочий объем камеры построения 500×500×500 мм³

Координатно-кинематическая система на базе линейных двигателей с ферромагнитными якорями

Трех- и пятикоординатная кинематическая система

Головка для лазерной наплавки Precitec

Металлы и сплавы в порошковой форме: хромо-никелевые сплавы, кобальт-хромовые сплавы, нержавеющая сталь и другие материалы отечественного и зарубежного производства (порошок гранулированный)

 ГРУППА КОМПАНИЙ
**ЛАЗЕРЫ
И АППАРАТУРА**

 +7 499 710 00 53

 sales@laserapr.ru

 www.laserapr.ru

 [lia_laserapr](https://www.instagram.com/lia_laserapr)

 [lia_laserapr](https://www.youtube.com/lia_laserapr)

Эффективный диалог

Татьяна Карпова

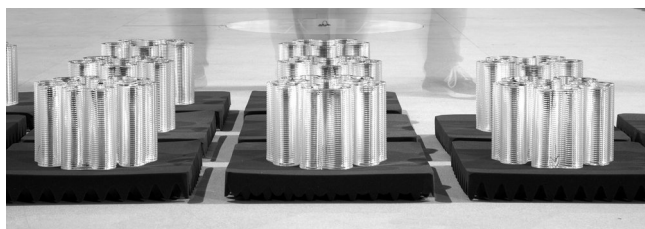


Конференция «Аддитивные и цифровые технологии в машиностроении» состоялась 15 ноября 2018 г. в рамках выставки «Металл-Экспо». Ее организаторами выступили государственный научный центр РФ НПО «ЦНИИТМАШ», Межгосударственная ассоциация «Титан» и «РУСАТОМ – Аддитивные технологии», а участниками стали руководители и эксперты научно-исследовательских и образовательных учреждений, бизнес-структур, промышленных предприятий, малых и средних инновационных компаний, центров кластерного развития, СМИ и т. д.

В ходе заседания участники могли узнать о внедрении аддитивных технологий (АТ) в корпорации «Росатом», о развитии медицинского направления в «РусАТ» и перспективах применения АТ для травматологии, о работах в НПО «ЦНИИТМАШ» по производству оборудования и отработке технологии селективного лазерного плавления для изготовления деталей из нержавеющей и титановых сплавов. Подробный доклад по рынку металлических порошков для аддитивных технологий был подготовлен И. М. Петровым – генеральным директором исследовательской группы «Инфолайн», а о рынке сферических титановых порошков рассказал генеральный директор ЗАО «Межгосударственная ассоциация Титан» А. В. Александров. Тема производства порошков была продолжена специалистами отечественных компаний АО «Полема» и ИЛМиТ ОК РУСАЛ, которые представили возможности и потенциалы своих предприятий. А о предлагаемом оборудовании для производства порошковых композиций рассказали представители ООО «Центр электронно-лучевых технологий», ООО «Снегири-Спецсплав» и «АЛД Вакуумные Тех-

нологии». Интересными наработками поделились представители ООО «Центр СПРУТ-Т» – по применению промышленных роботов в аддитивном производстве, компании SEMAT – по использованию электролитно-плазменного и многокоординатного электрохимического методов для финишной обработки деталей, полученных с помощью АТ. Важная тема, посвященная проблемам развития порошковой металлургии и аддитивных технологий, была раскрыта в докладе начальника НИЦ им. В.И. Добаткина ОАО «ВИЛС» И.С. Полькина. К ним, например, можно отнести проблемы по исходному сырью: высокую стоимость гранул 20–40 мкм, большую суммарную поверхность гранул, распыление гранул под воздействием тепловых потоков, а по техпроцессу – сложные температурно-временные параметры и неуправляемый механизм консолидации, ограниченные размеры детали, низкую производительность, грубую поверхность и др. По мнению докладчика, данные проблемы будут решены при совершенствовании аппаратурных методов исследования, исходных материалов, оборудования и технологии процесса. А большой объем исследования изготовленных деталей и их испытания позволят в ближайшее время определить оптимальную габаритную функциональную нишу областей применения аддитивных технологий.

Зал активно реагировал на сообщения, задавая докладчикам вопросы, связанные с выбором деталей для применения АТ, материалов для тех или иных целей, организацией испытаний образцов и изделий. И, конечно, это был тот важный диалог, который должен способствовать дальнейшему прогрессу.



Исследователи из Массачусетского технологического института, MIT, нашли способ печатать трехмерные модели сложной формы из прозрачного стекла. Причем речь идет не о небольших фигурках, а о блоках,

3D модели из стекла

которые можно использовать в строительстве. В 2015 году они представили первый прототип своего принтера G3DP, а сейчас, в 2018-м, завершили вторую модель. Увеличив с 18 до 35 литров емкость для расплавленного стекла, оснастив печатающую головку новым соплом и усовершенствовав систему управления движением принтера, инженеры примерно вдвое ускорили работу своего детища. Новый принтер печатает со скоростью свыше пяти килограммов в час.

<https://chrdk.ru>

Печать изделий методом лазерного спекания полиамидных порошков

Компания **XYZprinting**, входящая в холдинг **New Kinpo Group**, мировой лидер в области настольной 3D-печати*, в 2018 году объявила о выходе на рынок профессиональной 3D-печати. В рамках ведущих мировых выставок Rapid3D + TCT и Formnext была представлена широкая линейка новейших 3D-принтеров, в том числе революционные устройства со скоростью печати до 1 см в минуту, что в 40 раз быстрее, чем существующие технологии.

В рамках развития «Индустрии 4.0» многие производители планируют или уже развивают аддитивное производство. Крупнейшие мировые компании и корпорации, такие как General Electric, Airbus, BMW, VW и многие другие, вкладывают в создание центров 3D-печати миллионы и миллиарды долларов. Многие производители используют новые технологии уже не только на этапе проектирования и при создании концептов, а идут дальше, создавая на 3D-принтерах производственные оснастки, отдельные запчасти и даже ответственные элементы, такие как лопатки турбин, топливные форсунки авиадвигателей или тормозные суппорты.

При создании центров аддитивного производства заказчики сталкиваются с двумя важными факторами: стоимость оборудования профессионального класса и скорость, с которой это оборудование позволяет создавать конечные изделия.

Для печати изделий методом лазерного спекания полиамидных порошков XYZprinting предлагает модель **MfgPro230 xS**.

Этот высокопроизводительный SLS 3D-принтер является самым доступным устройством в своем классе, имеет камеру печати объемом 230×230×230 мм и позволяет создавать точные детали промышленного качества. Устройство использует CO₂-лазер мощностью 30 W, что позволяет работать с широким спектром расходных материалов, в том числе белым, натуральным и черным PA-12, TPU, PMMA, а благодаря открытой системе пользователь не ограничен в используемых материалах.

Проблему скорости получения конечных изделий XYZprinting предлагает решить с помощью сверхбыстрых 3D-принтеров моделей **MfgPro700 xPF** и **MfgPro1600 xPF**.

Оба устройства построены на технологии LSPc (Lubricant Sublayer Photo-curing), обеспечивающей вертикальную скорость построения до 1 см в минуту, что делает их в 40 раз быстрее аналогов. Это серьезный шаг на пути к реальному серийному производству готовых изделий с помощью аддитивных технологий.

Производителем разработаны и адаптированы фотополимерные смолы с различными свойствами, позволяющими осуществлять печать как прототипов, так и конечных изделий с техническими характеристиками не уступающими изделиям, изготовленным из традиционных пластиков.

Более подробно узнать о новейших решениях XYZprinting для профессиональной 3D-печати вы можете, обратившись к официальному дистрибьютору на территории Российской Федерации и стран СНГ компании «АМ-КОР».



MfgPro230 xS



MfgPro1600 xPF



MfgPro700 xPF

AM CORE

ООО «АМ-КОР»
Москва, проспект
Маршала Жукова, д. 1, стр. 1
Телефон: +7 (499) 678-123-5
E-mail: info@am-core.ru
www.am-core.ru



Тренды развития аддитивных технологий

Семен Сергеевич Попадюк, эксперт iQB Technologies

Команда экспертов iQB Technologies посетила международную выставку-конференцию технологий производства нового поколения Formnext, которая прошла во Франкфурте-на-Майне с 13 по 16 ноября 2018 года, и делится своими впечатлениями о самых интересных решениях, событиях и тенденциях развития 3D-технологий.

Formnext в этом году исполнилось всего лишь три года. Мало кто мог предположить в 2015-м, что за столь короткое время она станет центром притяжения глобальной 3D-индустрии и шире — всемирным форумом инноваций. Рекорды Formnext-2018: площадь: 37231 кв. м (на 25% больше, чем в прошлом году), посетители: 26919 (+25%), экспоненты: 632 из 32 стран (+34%).

Технологиям 3D-печати было отдано примерно 90% выставочных площадей. Также демонстрировались разработки в области программного обеспечения, 3D-сканирования, постобработки, контроля качества, услуг и НИОКР. 51% участников — немецкие компании, далее следуют Китай и США, а на четвертом

месте находится, что довольно неожиданно, Италия. Не первый год на Formnext можно увидеть и стенды российских производителей 3D-принтеров, 3D-сканеров и расходных материалов. В этом году в рамках выставки была организована зона стартапов, где свои решения демонстрировали пять компаний, прошедших конкурсный отбор. Очень насыщенной была программа конференций, часть которых проходила в открытой зоне непосредственно в выставочных залах в режиме нон-стоп.

10 самых впечатляющих премьер

1. Технология LaserProFusion от EOS, основанная на спекании полимерных материалов диодными лазерными массивами с высочайшей скоростью.

2. Высокопроизводительная масштабируемая система печати металлами DMP Factory 350 от 3D Systems.

3. Система DMG Mori LASERTEC 12 SLM, способная печатать двумя металлическими порошками.

4. Creaform ACADEMIA — ручной 3D-сканер в комплекте с бесплатным ПО для образования.

5. Крупногабаритные FDM-машины BigRep Pro и BigRep Edge (компания BigRep).

6. Система Zortrax Apoller Smart Vapor Smoothing для сглаживания неровной поверхности моделей, напечатанных на 3D-принтере.

7. Самый большой в мире транспортируемый 3D-принтер, печатающий разнообразными переработанными пластиками (представлен бельгийским стартапом Colossus).

8. NXE400 — самый быстрый SLA-принтер от Nexa3D.

9. Portrait — первый 3D-принтер, выпущенный компанией Kodak.

10. xRize — новая система цветной печати по технологии FDM от бостонского стартапа Rize.

Там, где идеи обретают форму: наш выбор новинок

Компания 3D Systems показала в этом году целый ряд интересных новинок. ProJet 2500 IC — усовершенствованная версия воскового 3D-принтера ProJet 2500W. Ее главные преимущества — быстрое изготовление моделей из нового зеленого воска VisiJet M2 ICast RealWax, сокращение производст-

венного цикла и возможность эксплуатации в круглосуточном режиме. FabPro 1000 — настольный фотополимерный 3D-принтер промышленного класса — мощный, доступный и экономичный, в 3 раза производительнее существующих аналогов. Figure 4 Modular — масштабируемая производственная платформа 3D-печати на основе SLA-технологии с интегрированной, полностью автоматизированной постобработкой (скорость печати — до 100 мм в час). И наконец, несколько новых решений в серии аддитивных установок печати металлами: масштабируемая модульная система DMP Factory 500, обеспечивающая высокое качество печати цельных изделий габаритами до 500×500×500 мм, металлические 3D-принтеры DMP Flex 350 и DMP Factory.

SLM Solutions выпустила машину SLM 2802.0 в новом корпусе и с новым дизайном интерфейса управляющей программы, а также разработала собственное ПО SLM Additive Designer. Здесь же, на стенде, демонстрировалась крышка головки цилиндра для автомобиля Bugatti, изготовленная на SLM 800. Повышенный интерес у гостей выставки вызвал уникальный проект, осуществленный SLM в сотрудничестве с компанией Divergent 3D: первое в мире шасси автомобиля, напечатанное на 3D-принтере.

Канадская компания Steaform показала инновационные решения в области 3D-сканирования и обновленное программное обеспечение. ACADEMIA — комплект для образовательных учреждений, включающий в себя портативный 3D-сканер и бесплатные программные модули для реверс-инжиниринга и контроля качества. HandySCAN 3D — ручной лазерный 3D-сканер нового поколения — самый быстрый в своем классе (до 480 тысяч из-

мерений в секунду). MetraSCAN 3D — ручной оптический 3D-сканер для координатно-измерительных машин. Доступно решение с установкой сканера на робот-манипулятор, позволяющее контролировать несколько сотен изделий в день прямо на конвейере. MaxSHOT 3D — оптическая система измерения координат, дающая возможность увеличить точность и скорость 3D-сканирования.

Свои последние решения продемонстрировала южнокорейская компания Solutionix, специализирующаяся на производстве стационарных 3D-сканеров. D500/D700 — новая линейка устройств для сканирования малогабаритных объектов сложной геометрии с высокой точностью в полностью автоматическом режиме. C500 — еще одно полностью автоматизированное решение, предназначенное для 3D-сканирования объектов небольших и средних размеров. Этот сканер оборудован столом с тремя поворотными осями и 5-мегапиксельными камерами.

Китайская компания ProtoFab, впервые принимающая участие в выставке, представила свой международный бестселлер — стереолитографический 3D-принтер SLA600 на базе Linux с камерой 600×600×400 мм, который способен выполнять широкий спектр задач прототипирования и промышленного дизайна с исключительно низкой стоимостью каждого изделия.

Мировые тренды в аддитивном производстве — 2018

1. Увеличение камер построения 3D-принтеров, количества и мощности лазеров отражает все более широкие возможности аддитивных технологий в серийном изготовлении и производстве конечных изделий.

2. 3D-печать металлами по-прежнему занимает ведущее ме-

сто среди представляемых на Formnext технологий.

3. Практически не отстает от нее **лазерная стереолитография**. Особенно много новинок у китайских компаний (ZRapid, ProtoFab, Union Tech).

4. Неожиданностью стало малое количество решений по **SLS-печати**.

5. Изобилие расходных **материалов для 3D-печати** — металлов, пластиков, керамики, стекла, карбона и других. Отметим, что такие крупные производители материалов, как Mitsubishi Chemicals и Solvay, уже создали собственные отделы аддитивного производства.

6. На Formnext выросло число компаний, занимающихся **проектированием и разработкой программного обеспечения**.

7. **Автомобильная промышленность** — трендовая отрасль этого года. На многих стендах демонстрировались автомобили, мотоциклы и отдельные компоненты, напечатанные на 3D-принтерах, — прототипы и готовые изделия (диски, приборные панели, элементы внутренней отделки).

8. 3D-печать в реальных условиях производства требует постобработки изделий из металлов и других материалов. Выставка показала, что **интеграция 3D-печати с традиционными производственными технологиями** и смежными направлениями становится все более тесной. Мы увидели множество решений, связанных с подготовкой производства, постобработкой, обработкой поверхности, изготовлением инструментов и штампов.

Впечатляющие результаты Formnext-2018 — следствие динамичного роста самого рынка 3D. Представленные достижения определяют тренды индустрии и помогают игрокам рынка выстроить стратегии на будущий год. ■

Formnext–2018: впервые на выставке

Н.М. Максимов, ООО «Ника-Рус»

В середине ноября во Франкфурте состоялась очередная выставка современных промышленных технологий formnext–2018 [1], главная европейская выставка для аддитивных технологий (АМ). Вопрос: «АМ — это технологии будущего?» уже не стоит, так как АМ-технологии уже используются в промышленности. Например, в Германии 27% промышленных компаний используют их в своем производстве, а среди крупных компаний их доля составляет 45%. Потребность в квалифицированных кадрах в области АМ вырастет в ближайшие годы значительно, считает 61% опрошенных среди 4000 компаний Германии, и 26% подтверждают рост спроса и зарплат для АМ-специалистов. Так, зарплаты опытных работников сервиса в АМ составляют в Европе 65000 евро, в США 85000 евро и в Азии около 40000 евро.

Данная статья в основном о новых участниках, впервые представляющих свои прорывные технологии на этой европейской выставке.

Titomic, Австралия

Компания представила оборудование для печати металлическими порошками, включая керамические добавки, на основе технологии холодного газодинамического нанесения материалов (ХГН) в сверхзвуковой струе газа с использованием 6-осевого робота. Titomic запатентовала сам технологический процесс — Titomic Kinetic Fusion (ТКФ) — для промышленного изготовления крупногабаритных изделий со скоростью, сопоставимой с традиционной металлообработкой. Это рассматривается как «значительный шаг в развитии следующего поколения цифрового металлургического производства изделий с заданными механическими свойствами» — это мнение управляющего директора компании Jeff Lang.

Поскольку процесс построения изделия не связан с расплавлением металла, то устраняются проблемы, связанные с термическим окислением и температурным короблением в процессе изготовления. Поэтому нет необ-

ходимости иметь камеру с вакуумом или с инертным газом.

Технология ТКФ предназначена для работы со сплавами металлов на основе титана, никеля, меди, скандия, а также — нержавеющей сталью, карбидом вольфрама и другими.

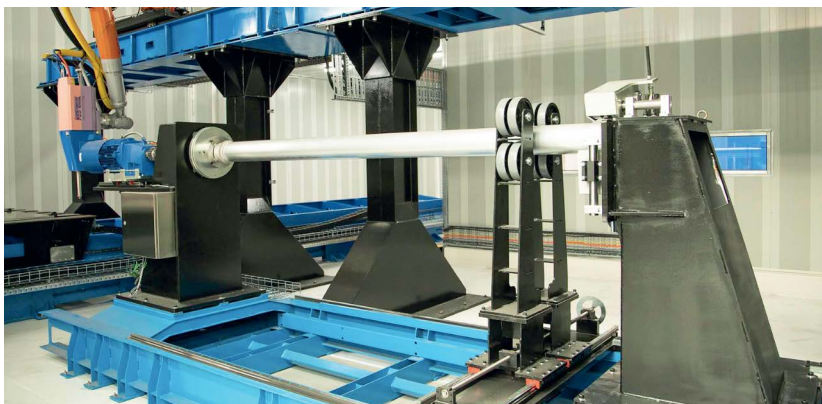
Технология позволяет соединять между собой различные материалы, которые невозможно соединить традиционными способами. Это открывает широкие возможности для пользователей. Например, нанесение защитных покрытий из углеродных волокон; ремонт и восстановление изношенных деталей; нанесение антикоррозионных покрытий на ответственные поверхности изделий (трубопроводов, вентилялей).

Производительность оборудования — до 45 кг/час, степень использования материалов — до 97%, а также имеется возможность создавать гетерогенные или гибридные структуры из разных материалов — все это делает технологию и оборудование востребованным во многих отраслях промышленного производ-

Рис. 1. Титановая рама велосипеда



Рис. 2. Принтер 3D 9000



ства. Титановая рама велосипеда на 50% дешевле, на 34% прочнее, в 4 раза быстрее традиционной технологии изготовления из титановых труб (рис. 1).

В 2018 г. Titomic запустила производство самого большого в мире металлического 3D-принтера с рабочей зоной объемом в 40,5 м³ и размерами зоны построения 9,0×3,0×1,5 м (рис. 2).

Оборудование позволяет изготавливать также детали в виде тел вращения диаметром до 2 м и длиной до 5 м. При этом практически нет ограничений на форму деталей и их размеры в пределах рабочей зоны. Изделия могут строиться либо «с нуля», либо с использованием оправки.

Другой 3D-принтер TKF 1000 с размерами рабочей зоны 1,0×1,0×0,75 м, оснащенный роботом, предназначен для изготовления небольших серий изделий, а также для исследовательских работ.

Carbon3d, США

На большом стенде компания представила действующие 3D-принтеры, объединенные в линию с роботизированным участком выгрузки готовых изделий и их постобработки. Представлено семейство рабочих материалов для различных приложений. Наиболее впечатляет совместный

проект компании с обувным гигантом Adidas [2], в рамках которого полностью меняется идеология изготовления обуви для спорта, фитнеса и повседневного использования. Вместо изготовления огромных партий обуви на азиатских фабриках компания объявила переход на кастомизацию обуви, то есть выпуск обуви для конкретного покупателя. Программа рассчитана на годы вперед, и реальные шаги уже сделаны: 1000 пар обуви по новой технологии в 2017 г., 100 000 пар в 2018 г. и миллионы пар, начиная с 2019 г. (рис. 3).

Optomec, США

Компания представила две свои технологии.

LENS – прямое лазерное нанесение порошков металлов и сплавов как для ремонта изношенных деталей, так и для выращивания новых изделий. Новая гибридная установка LENS 860 (рис. 4) позволяет не только наплавлять материалы, но и проводить финишную обработку как больших, так и среднего размера деталей, используя CNC-блок металлообработки. Герметичная камера размерами 860×600×610 мм, 3 кВт волоконный лазер для наплавки, поворотный стол (3, 4, 5 осей для металлообработки), шпиндель (до 10000 оборотов в минуту) дают

возможность работать со сплавами титана, инконеля, нержавеющей стали.

Наиболее интересной является технология AerosolJet (рис. 5) – нанесение покрытий из проводящих материалов, диэлектриков на любые подложки. Материал в виде аэрозоля, предварительно подготовленный в специальном блоке-атомайзере, направляется в струе газа на подложку. При этом сфокусированная (на глубину до 5 мм) струя аэрозоля позволяет наносить материал на объемные поверхности. Толщина слоя может изменяться от 100 нанометров до десятков микрон мм, а ширина от 10 микрон до миллиметров. Технология предназначена для нанесения проводящих дорожек в электронике, для печати антенн

Рис. 3. Печать подошвы по технологии Carbon



Рис. 5. Система AJ_5x



Рис. 4. Гибридная установка LENS 860



на любой подложке со сложной геометрией, для печати датчиков и т.д. Можно использовать практически любые материалы, если их возможно перевести в состояние аэрозоля.

Оборудование, включающее несколько рабочих постов, позволяет автоматически печатать антенны разного назначения на мобильных устройствах с огромной скоростью (рис. 6).

Desktop metal, MIT, USA

Компания в 2015 г. предложила метод изготовления изде-

лий из металлического порошка с использованием связующего с последующим спеканием в печи при температурах чуть ниже температуры плавления металла [3]. При этом связующее, которое позволяет напечатать объемное изделие при обычной температуре, затем выгорает в печи, а металлический порошок сплавляется в единое изделие. Метод позволяет изготавливать изделия любой формы с внутренними полостями, сочетая различные материалы (металлы, керамику) — рис. 7–9.

Рис. 6. Печать антенн

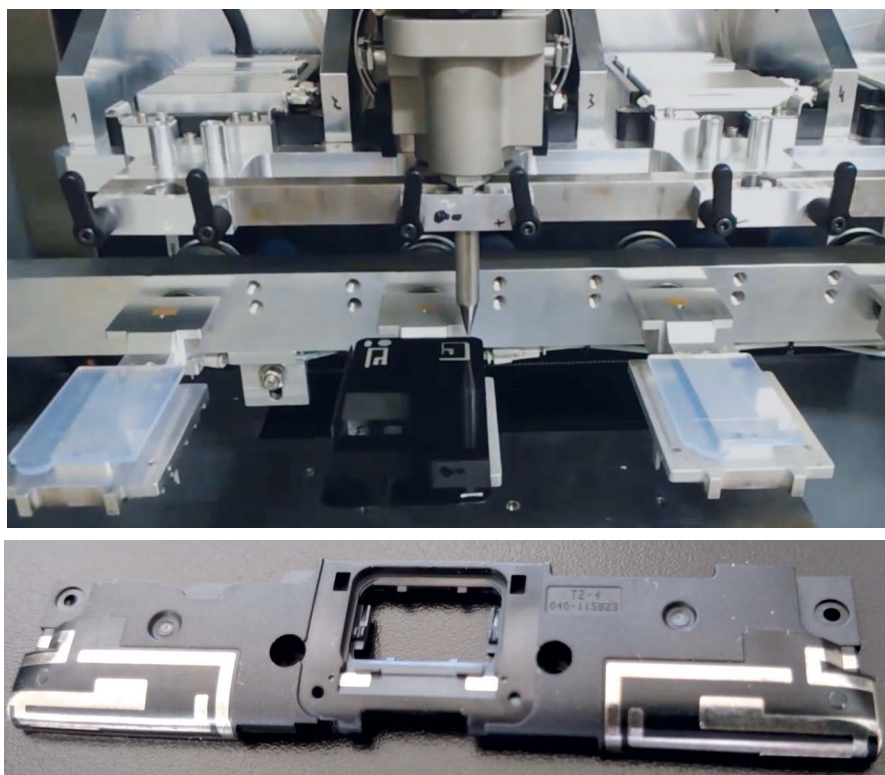


Рис. 8. Принтеры ProductionSystem и Studio System

Промышленная система для массового производства использует процесс SPJ — нанесения слоя материала толщиной в 50 микрон за один проход с помощью матрицы с 32 000 сопел, что обеспечивает построение со скоростью до 8200 см³/час. Это в 100 раз быстрее, чем дают 3D-системы с лазерным спеканием.

Недорогой порошок, который уже широко используется для порошковой металлургии, высокая производительность, несложная постобработка обеспечивают в итоге себестоимость изготовления единичного изделия, сопоставимую с традиционным производством, и до 20 раз дешевле современных 3D-систем для печати металлом.

Audi и e.GO Mobile AG

Проект Audi совместно с компанией e.GO Mobile AG по производству городского компактного

Рис. 7. Металлический коллектор

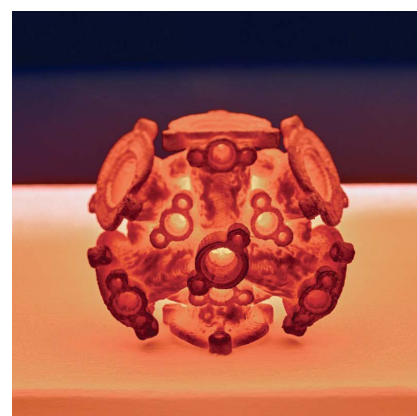


Рис. 9. Отпечатанная деталь

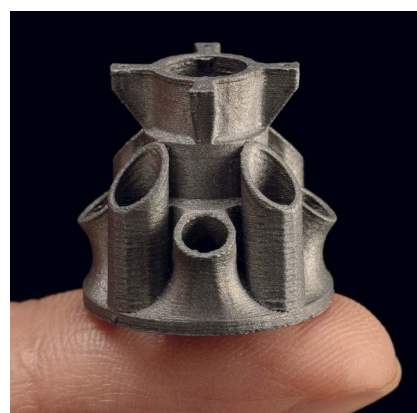


Рис. 10. Автомобиль e.GO-Life



четырёхместного электрического седана e.GO Life с ценой в 15900 евро (значительно ниже электрических аналогов от VW e-up!, KIA Soul EV, Nissan Leaf) — рис. 10.

При производстве авто широко использовались АМ-технологии: шасси из алюминиевых сплавов; крыша, двери, капот сделаны из цветного пластика вместо металла. Поэтому нет необходимости иметь дорогостоящее прессовое и покрасочное оборудование,

как на традиционных автозаводах. На машине установлен привод компании Bosh с напряжением 48 вольт. Вес привода вместе с батареей 810 кг.

В целом выставка подтверждает обозначенный несколько лет назад тренд на создание технологий и оборудования для прямого использования в промышленном производстве. Прототипирование как самостоятельный этап в производстве изделий перестало

быть основным применением аддитивных технологий и сохраняется только как необходимый элемент в конструировании. При этом новые технологии, о которых идет речь в статье, полностью отвечают двум главным требованиям промышленности: высокое качество изделий, не уступающее традиционным технологиям, и высокая скорость изготовления изделий, как правило, значительно выше традиционных технологий. Все остальные преимущества (возможность создавать легкие структуры, готовые узлы вместо отдельных деталей, экономия материалов, времени и средств и т.д.) дополняют набор аргументов в пользу применения аддитивных технологий, где это возможно. ■

Литература

1. Видео: www.youtube.com/watch?v=jpG3rqiZOPo
2. Видео: <https://clck.ru/EvsmF>
3. Видео: <https://www.desktopmetal.com/products/production/>



V МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ»

Дата: **22.03.2019**
начало — 10:00.
Адрес: г. Москва,
ул. Радио, д. 17
(вход со стороны
ул. Доброслободской),
ФГУП «ВИАМ»

Регистрация на сайте
<https://conf.viam.ru/>

Контактная
информация:
(499) 263–89–17

Темы:

- проблематика внедрения аддитивных технологий в производство;
- преимущества аддитивных технологий в качестве альтернативы традиционным технологиям;
- моделирование процессов изготовления изделий;
- технологии баротермической и термической обработки;

Организаторы: ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ совместно с технологической платформой «Материалы и технологии металлургии» и технологической платформой «Новые полимерные композиционные материалы и технологии».

- технологии неразрушающего контроля;
- задачи и проблемы разработки и практического использования базы нормативно-технической документации, регулирующей изготовление, испытание и применение изделий, полученных методами аддитивных технологий, в гражданских отраслях промышленности.



FORMNEXT–2018: новые решения и впечатления по отзывам компаний — участников выставки

Развитие возможностей

О решениях TRUMPF для печати металлом рассказал Николай Крутиков, специалист по аддитивным технологиям компании.

Так, принтер TruPrint 1000 оснастили зеленым лазером TRUMPF, что дало возможность продуктивно печатать чистой медью: сопла, теплообменники, различные компоненты для электроники. Это устройство актуально также для ювелирной промышленности, поскольку позволяет печатать не только медью, но и золотом, которое сходно с медью по своим абсорбирующим свойствам. Вторая новинка — система контроля пятна сплавления, иными словами, контроля качества детали в процессе печати путем оптического резонанса.

В русле «Индустрии 4.0» TRUMPF разработал приложение специально для контрактного производства. Со смартфона можно контролировать процесс обработки детали, наличие порошка, материалов, заготовок, и, что немаловажно, приложение позволяет свести к минимуму влияние человеческого фактора.

TRUMPF показал две машины TruPrint 5000. Только одна машина была в традиционном исполнении, а другая прозрачная, что позволило визуализировать все происходящие в ней автоматические процессы.

В качестве концепта была представлена сегментация рабочей платформы, что позволяет

не спиливать с платформы все изделие целиком, а извлекать фрагменты и работать с ними отдельно.

«Сама выставка была масштабнее предыдущей, но технологического прорыва, который обещали многие компании, не произошло, — рассказал Николай Крутиков. — Некоторые компании обещали, что печать будет идти быстрее в десятки раз, чем на имеющейся технологии SLM. Чудо не состоялось. Появилось много китайских производителей в бюджетном сегменте рынка. Также сотрудники TRUMPF отметили, что посетители все больше стали интересоваться не самой технологией, а именно деталями.

Впервые в качестве международной компании

Компания «ИМПРИНТА» участвовала в выставке уже не в первый раз, но в этом году впервые в качестве международной компании, статус которой получила после открытия филиала в Чешской Республике (в городе Праге).

В этот раз был представлен новый 3D-принтер Hercules Strong Duo с двухэкструдерной головкой Hercules TwinHot, которая позволяет печатать модели двумя различными материалами одновременно.

«На выставке увидели качественный рост производства, в том числе и аддитивных технологий. Именно такие события дают мотивацию развивать не только свое производство в регионе,

но отрасль в целом», — отметили в компании.

Неотъемлемая часть календаря

Для компании SCANLAB GmbH formnext стал неотъемлемой частью ежегодного выставочного календаря. Высокое качество и интернациональность полученных контактов превзошли наши ожидания.

Мы продолжаем разрабатывать наши High-End решения для сканирования. Прежде всего, линейку систем excelliSCAN с большими апертурами. ExcelliSCAN 20 был впервые представлен на formnext–2018. В 2019 году эта система сканирования с управлением SCANahead будет официально представлена на рынке. Эта новая технология управления позволяет значительно сэкономить время процесса в аддитивном производстве, дает значительное преимущество в производительности.

Дни выставки прошли мегапродуктивно

Компания RangeVision участвует в formnext каждый год и приятно удивляется успеху мероприятия. Среди посетителей в этом году было много инженеров, промышленных дизайнеров, занимающихся прототипированием, и представителей медицины, особенно ортопедии и стоматологии. 3D-сканер RangeVision Spectrum пользовался большим вниманием, и это было ожидаемо.

Его точности достаточно для того, чтобы стать верным помощником специалистам разных профессий, а в комплекте идет то же программное обеспечение, что и у 3D-сканера PRO. Поэтому доступны все функции: работа с маркерами и опорными сетями, использование поворотного стола.

Новая продукция

В этом году фирма ПОЛЕМА на своем стенде представила сферичные металлические порошки для 3D-печати, МIM-технологий, наплавки и напыления с улучшенными характеристиками по чистоте, гранулометрическому составу и текучести, а также образцы изделий, выполненных методом 3D-печати из собственных порошков.

Выпуск сферичных порошков предприятие освоило в 2018 г. в рамках проекта, реализованного при поддержке ФРП. ПОЛЕМА способна выпускать порошки сферичной формы на основе железа, никеля, кобальта, молибдена и вольфрама.

Оправдавшиеся ожидания

Участие в выставке полностью оправдало наши ожидания как в части количества посетителей, так и внимания к нашему стенду. В ходе выставки генеральный директор HAZ Labs Андрей Адамов и генеральный директор HAZ Labs Distribution Константин Чуркин провели презентацию в специальном формате, где анонсировали скорый выход новых продуктов: фотополимеров для промышленной SLA-печати, полиамидного порошка для SLS машин и гипсового композита для CJP-печати. Наша линейка фотополимеров для настольной 3D-печати вызвала большой интерес, в особенности

материалы для стоматологии. За 4 дня нам удалось провести переговоры с потенциальными партнерами из 34 стран.

Новая система печати

Компания Voxeljet AG представила новую систему печати IOB VX1000-S для серийного производства стержней из песка для литья алюминия. VX1000-S отличается пятикратным увеличением производительности по сравнению с предыдущими системами, в результате чего время слоя составляет всего 12 секунд; и содержит новый набор неорганических связующих (IOB) материалов, что улучшает условия труда в литейном цеху.

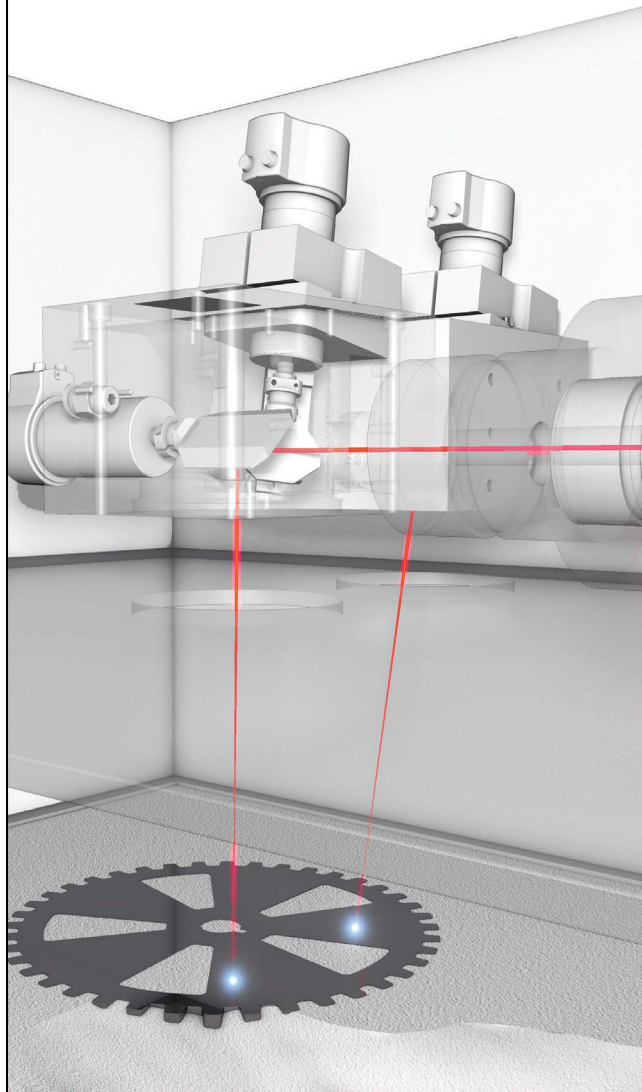
Печать углеволокном

Компания ANISOPRINT на выставке представила собственную разработку – технологию печати непрерывным углеволокном или анизопринтинг, и первую серию настольных аддитивных устройств – Composer A4.

Специальная печатная головка принтера Composer использует различные термопласты в качестве связующего для армирования композитной углеродной нитью Anisoprint CCF. Эта композитная нить состоит из пучка тончайших углеродных филаментов, пропитанных специальным терморезактивным полимером. В результате получается так называемый двухматричный композит, который в 2 раза прочнее и легче алюминия. За счет применения различных термопластов в качестве основного связующего можно добиться различных функциональных свойств материала.

Технология позволяет изготавливать детали сложной формы с управляемой внутренней структурой и компонентным составом. ■

В аддитивной технологии важно то, что внутри



Уже более 20 лет мы способствуем развитию лазерных процессов и обеспечиваем высочайшую точность в задачах лазерного спекания.

Лидирующие на рынке высокопроизводительные сканирующие решения и комплектующие для позиционирования лазерного луча.

– Сделано в Германии.

ФОТОНИКА. МИР ЛАЗЕРОВ И ОПТИКИ – 2019

Москва, 4 - 7 марта, 2019

Стенд № 75C15

www.scanlab.de



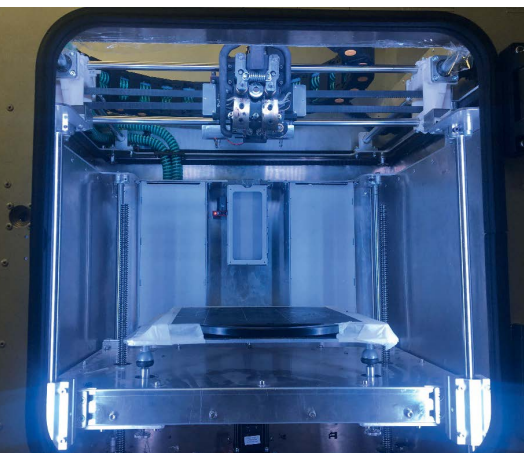
VISION 300: первый профессиональный принтер для печати инженерными пластиками у вас дома

Илья Игоревич Виноградов, Дмитрий Михайлович Королев — компания 3DVISION

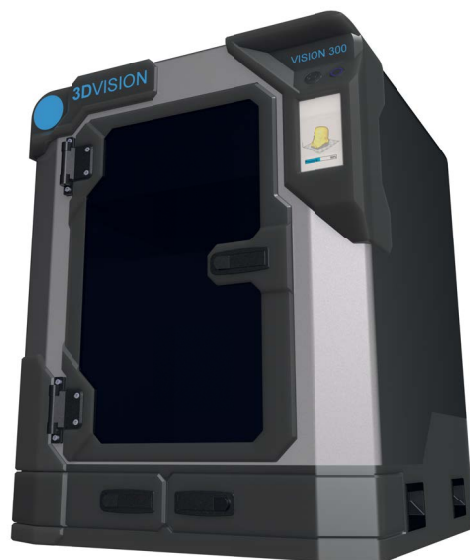
Компания 3DVISION постоянно совершенствует производимое оборудование. Пришло время рассказать о развитии архитектуры системы управления нового принтера VISION 300, причем преимущественно с программной точки зрения.

Сейчас мы работаем с принтером первой альфа-версии, который пережил три разных системы управления и четыре версии печатающей головы, и последняя получилась такой, какой изначально задумывалась: всеядной, неприхотливой в обслуживании и надежной. По части электроники мы также добились решения, которое устраивает по всем параметрам, так как теперь разработанные печатные платы позволяют в полной мере реализовать весь требуемый функционал. Активно ведутся работы по модернизации дизайна

Рис. 1. Испытания новой печатающей головки принтера



- Зона печати — 300×300×300 мм.
- Печать двумя материалами, при температурах до 350 градусов.
- Термостатная рабочая камера, +80°C.
- Оригинальная конструкция печатающей головки.
- Электроника собственного производства на основе ARM Cortex-F4 и Intel Pentium C.
- Интерфейс Ethernet для поддержки сетевого управления.



корпуса, улучшению технологичности его сборки и добавлению различных функций, которые помогут пользователю в процессе эксплуатации. Ниже приведем перечень того, что находится в разработке:

1. Устройство автоматической загрузки материала. Трассы до печатающей головы достаточно длинные, и проталкивать пруток руками неудобно.

2. Датчики наличия материалов в системе и система контроля фактического расхода материалов. Неприятно, когда в процессе печати требуется следить за количеством материала. Теперь машина будет останавливаться и предупреждать пользователя перед началом печати о том, что материала не хватит на все изделие.

3. Сменные печатающие столы. Новшество обкатывается на текущей версии принтера. Оно избавит от необходимости работать шпателем в термостатной камере при 80°C. Плюс данное решение обеспечит лучшее прилипание деталей к поверхности.

4. Датчик автоматической калибровки стола. Система только недавно появилась на устройстве, и сейчас производится ее отладка. Печатный стол проектируется так, чтобы не требовать ручной калибровки, а также ее полуавтоматического исполнения. А вот небольшие перекосы печатной области вполне устранимы при помощи программной компенсации высот при печати подложки детали.

5. К сожалению, от участия пользователя в калибровке рас-

Рис. 2. Функциональная схема ПО принтера Vision 300

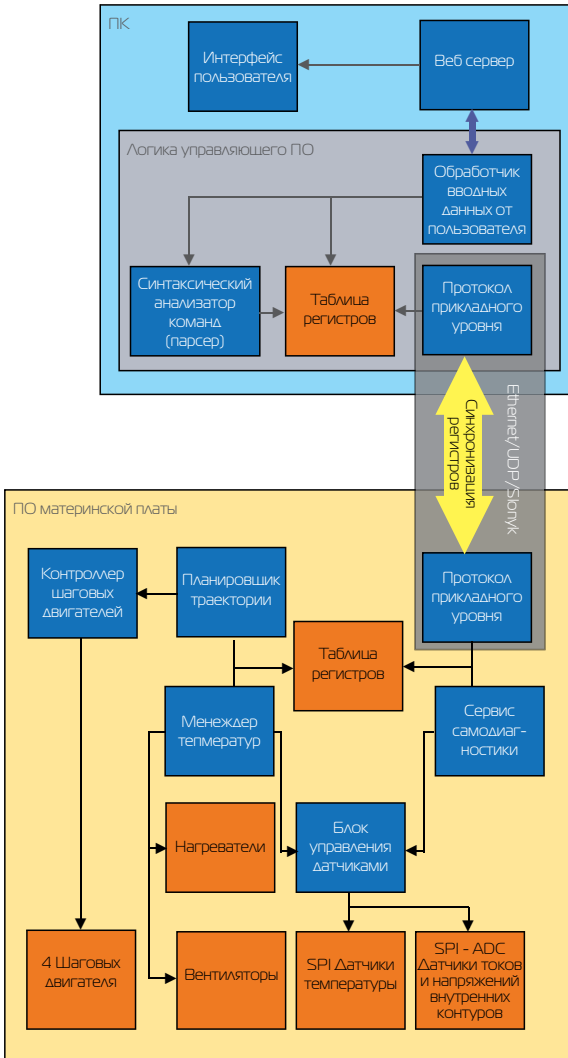
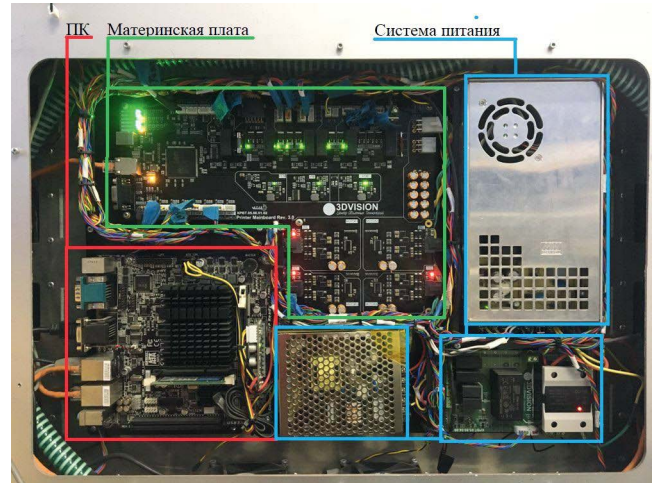


Рис. 3. Блок электроники принтера Vision 300



и организацию его взаимодействия с пользователем. В рамках общей программной архитектуры устройства можно отметить следующие результаты (рис. 2).

Архитектурно большинство из приведенных выше квадратиков (сущностей) представляют собой программные классы, которые так или иначе участвуют в работе принтера.

Синие квадратики — сущности, на работу которых выделяется процессорное время.

Они имеют право предпринимать какие-то действия в рамках своей сферы деятельности: сделать шаг двигателем, включить вентилятор, обменяться данными с микросхемой управления двигателем или термопарой, аккуратно разобрать по мелким задачам заданный файл. Оранжевые — пассивные сущности, которые находятся под управлением синих квадратиков: это либо просто хранилища данных, либо нагрузки в виде шаговых моторов или же датчиков.

Теперь разберем функционирование системы поподробнее, учитывая структуру блока электроники (рис. 3).

Материнская плата как исполнительная сущность состоит

из следующих программных подсистем:

1) Система управления связью. Протокол прикладного уровня обеспечивает постоянную во времени синхронизацию таблицы регистров ПК, встроенного в принтер, и материнской платы. Таблица регистров представляет из себя набор параметров, которые передаются или принимаются с исполнительной части принтера. Причем данный протокол разбит на две части. Одна из них регистровая общего назначения для тех параметров, которые могут подождать несколько сотен микросекунд, а вторая командная, с фиксированной длиной пакета, в котором содержатся команды, которые нужно выполнить планировщику перемещений, менеджеру температур или сервису самодиагностики немедленно.

2) Сервис самодиагностики, необходимый в связи с тем, что все «активные» части ПО материнской платы могут отказать. Например, контроллер шаговых двигателей может перестать получать ответы от микросхемы управления шаговыми двигателями, или менеджер температур может получить не совсем корректные значения, явным образом выходящие за рабочий диапазон. Все они уведомляют о неисправностях сервис самодиагностики. А он уже

стояния между соплами уйти не удалось. Для данной калибровки придется ждать, пока принтер построит тестовую деталь, а затем оценить визуально, какие компенсации требуются по осям X и Y и ввести их в мастер калибровки расстояния между соплами.

6. Дизайн. Тут приходится признаться, что эта часть учитывалась в последнюю очередь. Понятно, что подавляющему большинству пользователей приятно видеть у себя стильное устройство, а не кубик из металла на заклепках.

Серьезную часть времени наша команда потратила на отладку текущих узлов, добавление режимов диагностики, совершенствование управляющего интерфейса, невидимого конечному пользователю,

отправляет код ошибки на ПК, приостанавливает работу и объявляет об этом пользователю в виде кода и краткого описания ошибки.

Для понимания приведем перечень блоков аппаратных ошибок:

- ошибки связи (6 штук);
- ошибки напряжений и токов источников питания (14 штук);
- ошибки печатающей головы (30 штук);
- ошибки осей X и Y (18 штук);
- ошибки печатного стола (10 штук);
- ошибки внутреннего объема (12 штук).

3) Планировщик траектории. Этот сервис, когда ему разрешили работать, начинает делить все переходы по координатам на отрезки ускорений постоянной скорости и замедлений и передавать их контроллеру шаговых двигателей. Здесь формируются профили скорости двигателей и непосредственно происходит печать детали.

4) Контроллер шаговых двигателей.

Это абсолютно исполнительный сервис, лишенный возможности что-то решать. Единственное его предназначение — сделать необходимое количество шагов необходимым двигателем, при этом не пропуская их.

5) Менеджер температур.

Также исполнительный сервис, задача которого держать заданную температуру в термостатной камере, в печатающей голове, а также контролировать температуру блока электроники и материнской платы. Данный сервис вправе выдать ошибку и приказать принтеру остановить печать.

6) Сервис управления датчиками.

Данный сервис опрашивает все датчики, которые доступны в принтере. Речь идет о датчиках температуры и датчиках тока, установленных в абсолютно каждом узле. Задача сервиса лишь вовремя получать исходные зна-

чения, обрабатывать их должным образом и отправлять остальным сервисам, которые уже используют их в своей работе.

Второй частью системы управления принтером является ПК, установленный внутри, работающий на операционной системе Debian 9 на базе ядра Linux. ПО данного ПК содержит в себе следующие узлы:

1) Блок обработки входных данных пользователя.

Данный сервис получает данные от веб-сервера, разбирает их на наборы команд, определяет возможность их применения в данный момент, опрашивает все остальные сервисы принтера, раздает им задачи и производит запись логов всего происходящего в процессе. По сути, в нем реализована вся высокоуровневая логика работы устройства. Именно этот сервис принимает решения, что делать при ошибках, когда печатать, а когда ждать.

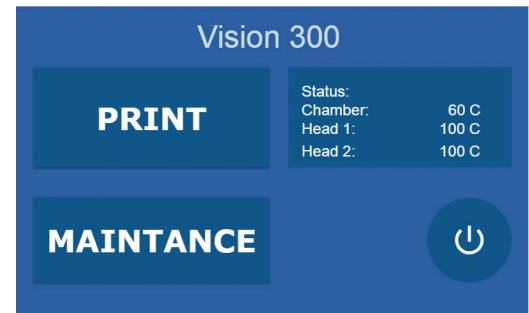
2) Веб-сервер.

Данный сервер обеспечивает возможность сетевого подключения к принтеру при помощи браузера, если это нужно. Он же позволяет удаленно отправлять на печать задания, отслеживать степень их готовности, в будущем позволит наблюдать за процессом печати при помощи камеры. И именно этот сервер позволяет подключить в одну сеть несколько принтеров и управлять всеми удаленно.

3) Интерфейс пользователя.

Это тот набор иконок и текста, который видит пользователь на экране принтера или на экране своего ноутбука. Один из наименее проработанных на данный момент узлов принтера (рис. 4). Так как интерфейс доступен на сенсорном экране, он должен быть простым и пальце-ориентированным. Вся дополнительная информация доступна при удаленном подключении по сети Ethernet.

Рис. 4. Внешний вид основного экрана управления принтером



В завершении данной статьи хотелось бы отметить тот факт, что разрабатываемое нами оборудование, с одной стороны, имеет крайне сильную конкуренцию со стороны более низкого ценового сегмента, а с другой — практически не имеет ее в своем, по той простой причине, что рынок нацелен на дешевые и простые решения для домашнего использования. Оборудование, которое предлагает рынок, никогда не сможет похвастаться безотказной печатью инженерными пластиками в режиме 24/7 с соблюдением геометрических размеров. А в этой нише, если присмотреться, практически ничего нет, если не брать в расчет оборудование от 50000\$. С нашей точки зрения, в РФ реально сделать оборудование, не уступающее импортному по функциональности и надежности, но серьезно выигрывающее в ценах как на приобретение, так и на обслуживание. Для этого требуется лишь подойти к разработке с должной ответственностью перед будущими пользователями, чем мы и занимаемся. ■



Услуги: mail@3dvision.su
Поставки оборудования и расходных материалов: info@3dvision.su
Тел.: +7 (812) 385-72-92
+7 (495) 662-98-58, 8 (800) 333-07-58
<https://3dvision.su>
<https://www.instagram.com/3dvision.su>
<https://vk.com/3dvisionsu>

Впервые в России создан 3D-принтер для печати высокотемпературными инженерными пластиками

Зинаида Сацкая

Инновационный прорыв совершила компания «Total Z», с которой наш журнал познакомился полтора года назад. Уже тогда компания крепко стояла на ногах, выпуская промышленные 3D-принтеры для печати самыми распространенными пластиками типа ABS. Параллельно шли интенсивные научные изыскания. Команда работала над опытными образцами принтеров, способных печатать специализированными инженерными высокотемпературными пластиками. И сегодня инженерные принтеры для печати высокотемпературными пластиками уже пошли в серию. Об этом и другом не менее важном обозревателю журнала «Аддитивные технологии» рассказали отцы-основатели компании Алексей Дубинин и Андрей Белоусов.

Долгий путь к серии

Для перехода от обычного 3D-принтера к инженерному нужно было решить несколько задач. «Физические и химические свойства печатаемых изделий — это единственный критерий качества инженерных принтеров. Деталь после печати должна быть литой, то есть должна иметь однородную кристаллическую решетку и нужный коэффициент прочности, в том числе между слоями печати, — объясняют разработчики физику процесса. — Чтобы получить такой результат, предыдущий слой в момент нанесения следующего слоя должен иметь температуру выше температуры стеклования (для инженерных пластиков это 200–300°C). Для этого нужно создать в камере соответствующую среду, устойчивый температурный режим — до 300°C в камере и до 500°C в экструдере. Именно этим определяются сложности проектирования таких принтеров. Ведь рабочая температура любой электроники, любого механического узла, любого мотора и «далее по списку» максимум 80 градусов, потому необходимо было развести область печати со всеми другими элементами, не забывая о пожарной безопасности, а также безопасности оператора, который ни при каких обстоятельствах не должен обжечься во время работы». И только так, шаг за шагом сво-

дя воедино сложные конструкторские, инженерные и технические задачи, «Total Z» пришел к третьему поколению 3D-принтеров для высокотемпературной печати инженерными пластиками.

Сегодня «Total Z» — единственная компания в России, которая серийно производит 3D-принтеры для печати инженерными высокотемпературными пластиками, в том числе такими материалами, как Ultem 9085/1010, полисульфон (PSU), полифениленсульфон (PPSU), поликетон, PEEK и другие. Реальным конкурентом на российском рынке «Total Z» называет только американскую компанию Stratasys с ее 3D-принтером Fortus.

Иногда к «Total Z» приходят клиенты, которым нужна высокотемпературная печать, но при этом хочется, чтобы принтер был настольный, «как китайский». Прежде всего, приходится объяснять, что в камере китайского принтера температура 80°C. Какого-то «слипания» слоёв можно добиться и при такой температуре, но однородной кристаллической решетки при переходе от одного слоя к другому физически быть не может, а соответственно, не будет и прочности. Недобросовестные поставщики могут предлагать всякие модифицированные пластики под известными названиями либо просто печатать матери-

Принтеры Anyform 450-PRO и Anyform 650-PRO



алами, но с сомнительными физическими свойствами получаемых изделий за пределами спецификаций. И настольных габаритов у 3D-принтера для печати инженерными высокотемпературными пластиками тоже не может быть. Просто посчитаем. Скажем, рабочие камеры Anyform серии Pro могут иметь сторону от 450 до 1200 мм. Рабочую камеру, где должно быть 300°C, надо упаковать в теплоизоляцию толщиной 150 мм, что добавляет по горизонтали и по вертикали по 300 мм. Поскольку по осям X и Y в принтере не ременные передачи, а шарико-винтовые пары, то для обеспечения скорости, размера и точности позиционирования габаритный размер еще прирастает. И именно заложенные в принтер технические решения выводят его на «ненастольные» габаритные размеры. «Вообще-то можно, конечно, сделать настольный принтер под камеру с 300°C, но тогда область печати будет с пятачок», — иронизируют разработчики Anyform.

Есть еще один важный для качественных промышленных принтеров момент, на котором акцентировали внимание создатели Anyform. Многие промышленные пластики, например нейлон, капролон, полипропилен, имеют большой коэффициент усадки, и для печати ими обязательно нужен вакуумный стол. Некоторые поставщики заверяют, что можно печатать и без него, но при условии использования только их пластика. «Совершенно очевидно, что это уже не тот нейлон, на который рассчитывает заказчик, и который заложен в его методиках, технических условиях с имеющимися сертификатами, актами испытаний и так далее», — предупреждают в «Total Z».

Нужны всем

Принтеры Anyform могут быть использованы практически в любой предметной области. На всех рынках актуализируются скорость, снижение массы изделий

и удешевление, но в «Total Z» говорят, что в нашей стране сегодня наиболее востребованными они оказались для аэрокосмической промышленности, медицины и автомобилестроения. Для аэрокосмической отрасли получаемые изделия привлекательны благодаря негорючести, высокой прочности, удешевлению и значительному снижению массы, что ведет к росту энергоэффективности. Немаловажно и то, что на ULTEM 9085 есть европейские «летные» сертификаты. Для медицины



*Штурвал (черный)
Материал: ULTEM 9085
Принтер:
Anyform 450-PRO(Hot+)*

в первую очередь важно, что PEEK биосовместим, ULTEM1010 допускает современные способы стерилизации и, разумеется, обязательно наличие сертификатов. Автомобилестроение, по наблюдениям моих собеседников, сейчас находится в фазе активных экспериментов с материалами, для чего и приобретает принтеры, а вот сельхозмашиностроение демонстрирует нарастающий спрос на 3D-принтеры для печати деталей и прессформ. На принтере «Total Z» модель для отливки детали можно напечатать за 2–3 дня, чего нельзя достичь фрезерованием. Для сельхозтехники это невероятно актуально. Уборочный сезон короткий, техника работает с колоссальными нагрузками, и отремонтировать надо едва ли не в считанные минуты. Есть свои резоны и у предприятий ВПК.

Печать металлом: намерения и реальность

«А не захвнуться ли нам на Вильяма нашего Шекспира? — спросила я. — На печать металлом?» Топ-менеджеры «Total Z» реально видят для своей компании и такую возможность, но отдают себе отчет в том, что сегодня рынок печати металлом в нашей стране имеет неопределенные перспективы в связи с дороговизной конечной детали и некоторыми технологическими ограничениями. «Головой об стену биться не хочется, — шутят мои собеседники. — А если серьезно, то в печати пластиком еще не все перспективы исчерпаны. Мы продолжаем разработку различных 3D-принтеров, в том числе со сверхвысокой производительностью, машин под технологию лазерного спекания порошка и пластика SLS. Шаг от SLS к SLM небольшой, и мы с уверенностью можем сказать: к моменту, когда запрос рынка оформится окончательно, нам будет что предложить рынку». Бизнес-процессы в компании отлажены так, что когда опытный образец будет готов, чтобы идти в серию, для запуска в серию всё будет готово: конструкторская документация, сборочные чертежи, технические условия, отдел закупки будет знать, что надо закупить, в каких количествах, вплоть до количества болтов.

Компания с принципами

«У нас есть свои принципы формирования компонентной базы, — излагают свой подход мои собеседники. — Всё ответственное делаем сами. Для менее ответственных деталей по кооперации стараемся найти надежных отечественных поставщиков. Если

*Анатомический имплант черепа
Материал: PEEK
Принтер: Anyform
650-PRO(Hot+)*

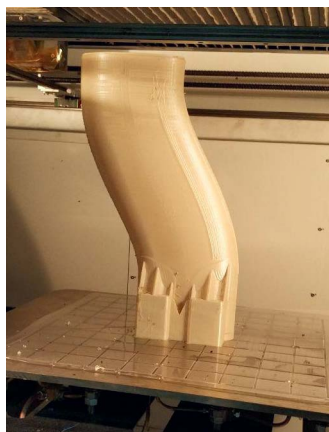


не находим, то идем по пути развития собственного производства. Что можно купить готовое в России, покупаем тут. А уж если нельзя ни сделать, ни купить в России, закупаем за пределами страны у надежных проверенных производителей промышленного оборудования». На практике это выглядит так. Компания сама делает металлические рамные конструкции, токарную обработку, частично фрезерную. Печатающие головки собственной разработки изготавливает российский партнер. Металл и стекло покупают у российских производителей, а вот шестигранные болты и высокопрочные болты, как рассказали производители 3D-принтеров, у нас в стране никто не делает. Электроника у «Total Z» своя, но вся компонентная база в платах импортная по причине отсутствия отечественной. Механическая часть: шарико-винтовые пары, направляющие — только Bosch.

На вопрос, что по деньгам самое дорогое в принтере компании «Total Z», последовал мгновенный ответ с оттенком гордости: «Труд конструкторов и сборщиков высочайшей квалификации, которые работают над тем, чтобы принтер был конкурентоспособным. Это тоже наш принцип. Высококласный труд должен достойно оплачиваться».

В роли авторитетного эксперта

Разработчики Anyform не привязывают потребителя к определенному производителю пластика, тогда как зачастую производители 3D-принтеров США и Европы предписывают использовать только свой пластик. «У нас крепостного права нет, мы потребителя не ограничиваем, — поясняют в «Total Z». — И российские производители выпускают очень интересные пластики, которые находят применение в той или иной области. Это Московский институт пластмасс имени Г. С. Петрова, где выпускают высококачественный сертифицированный РЕЕК, Кабардино-Балкарский государственный университет, НИРП и другие российские компании. Другое наше конкурентное преимущество — цена, которая кратно ниже цены зарубежных поставщиков при сопоставимом качестве. Плюс мы всегда здесь. Мы проводим вместе с заказчиками испытания их пластиков, потому что новый пластик требует не только соот-



ветствующего оборудования, но и соответствующих скоростей печати, температурных режимов, и число комбинаций очень большое. Бывает, что клиент получил новый материал, а печатать им не получается, и начинаются взаимные претензии, мол, у вас принтер не тот, а у вас материал не тот. В таких ситуациях требуется экспертное мнение, за которым приходят к нам. У нас есть отработанные технологии по подбору режимов, мы умеем печатать разными пластиками, и мы учим печатать пластиком заказчика. И изготовители пластика приходят к нам, чтобы мы подобрали режим и вообще попробовали их пластик. У некоторых есть возможность напечатать на Stratasys, но они не могут его туда засунуть. И если им удастся как-то обмануть машину и каким-то образом нештатный пластик туда поставить, они не могут печатать на нужных режимах, только на стандартных, которые далеко не всегда подходят».

Патрубок, материал печати: ULTEM 9085, принтер: Anyform 650-PRO(HOT+)

ответствующего оборудования, но и соответствующих скоростей печати, температурных режимов, и число комбинаций очень большое. Бывает, что клиент получил новый материал, а печатать им не получается, и начинаются взаимные претензии, мол, у вас принтер не тот, а у вас материал не тот. В таких ситуациях требуется экспертное мнение, за которым приходят к нам. У нас есть отработанные технологии по подбору режимов, мы умеем печатать разными пластиками, и мы учим печатать пластиком заказчика. И изготовители пластика приходят к нам, чтобы мы подобрали режим и вообще попробовали их пластик. У некоторых есть возможность напечатать на Stratasys, но они не могут его туда засунуть. И если им удастся как-то обмануть машину и каким-то образом нештатный пластик туда поставить, они не могут печатать на нужных режимах, только на стандартных, которые далеко не всегда подходят».

Производители российского Anyform говорят, что им выгодно участвовать в таких работах, причем не всегда эта выгода только финансовая, иногда приходится идти и на дополнительные расходы. Но, во-первых, такова специфика российского рынка, что другие возможности у потребителей техники для аддитивной печати просто не просматриваются. Во-вторых, это дополнительный сервис, за что компания получает дополнительный кусок рынка. И, в-третьих, компания «Total Z» получает и обратную связь, и опыт. А всё вместе это создает «Total Z» имидж открытой компании.

«Total Z» сейчас активно взаимодействует с департаментом станкостроения Минпромторга РФ, где появилась рабочая группа по аддитивным технологиям. Созданная группа начала формировать список предприятий, занимающихся аддитивными технологиями, и выяснилось, что в России производитель промышленных принтеров, печатающих пластиками по технологии FDM, только один. Приехали министерские работники в компанию, познакомились и пригласили «Total Z» в рабочую группу. Первоочередная задача — подготовка изменений в области аддитивных технологий в Постановление 719 «О критериях отнесения промышленной продукции к промышленной продукции, не имеющей аналогов, произведенных в России». Процесс в стадии выработки критериев, которые должны зафиксировать факт наличия/отсутствия зарубежных аналогов российской продукции.

Полагаю, что следующий рассказ о продукции «Total Z» будет посвящен 3D-принтерам для печати металлами. А может быть, и выходу на зарубежные рынки. ■

www.totalz.ru
info@totalz.ru

8 (495) 363-00-29

Основные тенденции российского рынка металлических порошков для аддитивных технологий

И.М. Петров, доктор технических наук, генеральный директор ООО «Исследовательская группа «Инфолайн»

Как известно, мировой рынок аддитивных технологий развивается стремительными темпами — за последние 5 лет он вырос более, чем в 3,5 раза. Объем рынка в 2017 г. оценивается в 7 млрд долл., рост к предыдущему году составил 21%.

Подавляющее большинство 3D-принтеров работает с полимерами и композициями пластиков. Доля металлических порошков составляет в настоящее время 20%, однако этот сегмент увеличивается чрезвычайно активно.

По данным Wohlers Associates, в 2017 г. реализовано 1768 единиц оборудования, работающего на металлических порошках, это на 80% (!) выше уровня предыдущего года (рис. 1).

Интенсивное использование аддитивных технологий в России сдерживается отсутствием отечественных 3D-принтеров. Хотя имеются уже опытные образцы и целый ряд организаций занимается разработкой подобного рода аппаратов.

По данным ИГ «Инфолайн» на основе детального анализа таможенной статистики, за период с 2009 г. — 1 полугодие 2018 г. Россия импортировала 51 установку для аддитивных технологий на металлических порошках (на сумму около 21 млн долл.).

При этом характерен волнообразный характер поставок, максимальным уровнем характеризо-

вался 2015 г., когда импорт достиг 12 единиц данного оборудования. В 1-м полугодии 2018 г. было поставлено 8 принтеров, не исключено, что по итогам текущего года будет установлена новая планка.

Всего в Россию осуществлялись поставки оборудования 11 компаний, среди них лидируют две компании — Concept Laser и EOS. Доли этих компаний составили соответственно 40% и 30%.

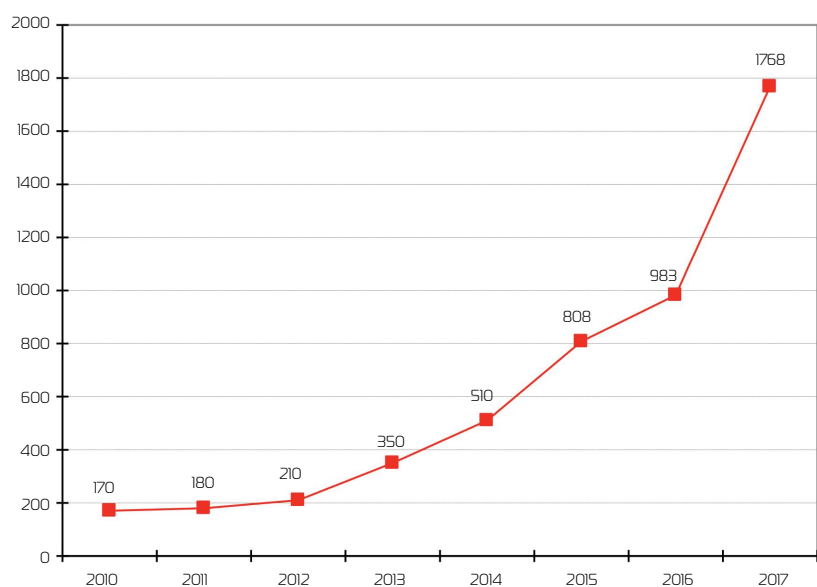
Общим требованием к порошкам для 3D-принтеров является сферическая форма частиц. Это связано с необходимостью компактного укладывания в определенный объем и обеспечения текучести порошковой композиции

в системах подачи материала с минимальным сопротивлением.

В разных машинах используются порошки различного фракционного состава. В частности, для машин Concept Laser дисперсность порошка лежит чаще всего в пределах 25–52 мкм при d50 (средний диаметр частиц), равном 27 мкм.

Развитие аддитивных технологий привело к существенному расширению номенклатуры металлических порошковых материалов. В настоящее время предлагаются десятки видов разнообразных композиций: от обычных конструкционных сталей до жаропрочных сплавов и драгме-

Рис. 1. Динамика продаж в мире 3D-принтеров для металлических порошков в 2010–2017 гг., единиц



Источник: Wohlers Associates

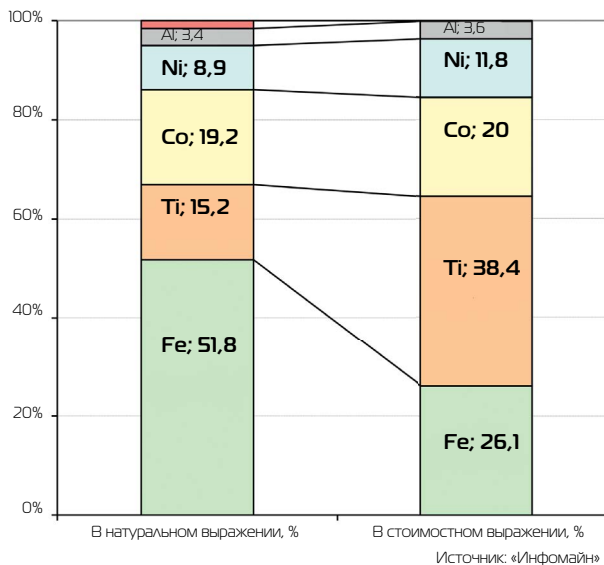
таллов. При этом, по оценкам западных экспертов, в настоящее время по объему использования преобладают порошки легированной и нержавеющей стали (около 50%).

Разные компании – производители 3D-принтеров предписывают работу с определенным перечнем материалов, обычно поставляемых самой этой компанией. Хотя надо отметить, что на текущий момент не существует общих требований к металлопорошковым композициям, применяемым в аддитивных технологиях.

В настоящее время российские предприятия используют во многом импортные порошки, поставляемые, главным образом, компаниями – производителями установок. По данным «ИнфоМайн», за период с 2009 г. по 1 полугодие 2018 г. Россия импортировала около 18 т металлических порошков для использования в аддитивных технологиях (на сумму около 2,4 млн долл.). При этом характерным является тренд на рост импортных поставок порошков, в 2017 г. они выросли до 5,3 т, в 2018 г., исходя из уровня 1-го полугодия, импорт может составить до 6 т.

Характерной тенденцией является достаточно резкое колебание

Рис. 2. Структура импортных поставок металлических порошков для аддитивных технологий по видам в 2009 – 1 полугодие 2018 гг., %



поставок различных видов порошков в течение данного рассматриваемого периода. В частности, в 2017 г. основной объем поставок пришелся на кобальтовый порошок (свыше 40%).

В сводной структуре преимущественные поставки в натуральном выражении пришлось на железные порошки (около 52%). В структуре импорта в стоимостном выражении преобладают титановые порошки – 38%.

Следует сделать оговорку, что импортируются в основном порошки сплавов (в частности, титан–алюминий–ванадий, ко-

бальт–хром и т.д.), но в данном случае речь идет об основном компоненте порошка.

География поставок импортных металлических порошков ограничена небольшим количеством стран, среди которых по объему преобладают Германия и Великобритания, суммарная доля которых составляет 77%. Лидирует три компании – EOS, LPW Technology и Concept Laser. Суммарно на их долю в рассматриваемый период пришлось около 78% всех поставленных в Россию порошков.

АНАЛИТИКА РЫНКОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

минералы, металлы, высокотехнологичные материалы



ИнфоМайн
исследовательская группа

Широкий спектр исследовательских, маркетинговых и консалтинговых услуг.

Уникальный опыт и компетенции с 1993 года.

Наши клиенты – свыше 1000 производственных, торговых, консалтинговых компаний, банков и научных организаций из 37 стран мира.

109028, Москва, Певческий пер., д. 4

Тел./факс: +7 (495) 988-1123

E-mail: info@infomine.ru

WWW.INFOMINE.RU

Средние импортные цены на импортируемые порошки для 3D сильно колеблются в зависимости от объема партии, условий поставки, состава порошка и его крупности. В частности, для титановых порошков этот диапазон составлял от 265 до 1543 долл./кг, для никелевых порошков — от 48 до 256 долл./кг.

Цены одних и тех же производителей на одинаковые марки порошков, наоборот, характеризуются довольно стабильным уровнем. В частности, цена порошка титанового сплава TiAl6V4 производства Concept Laser около 500 долл./кг, порошок легированной стали EOS 123–129 долл./кг, порошок алюминиевого сплава Al-Si-Mg Concept Laser — от 87 до 99 долл./кг.

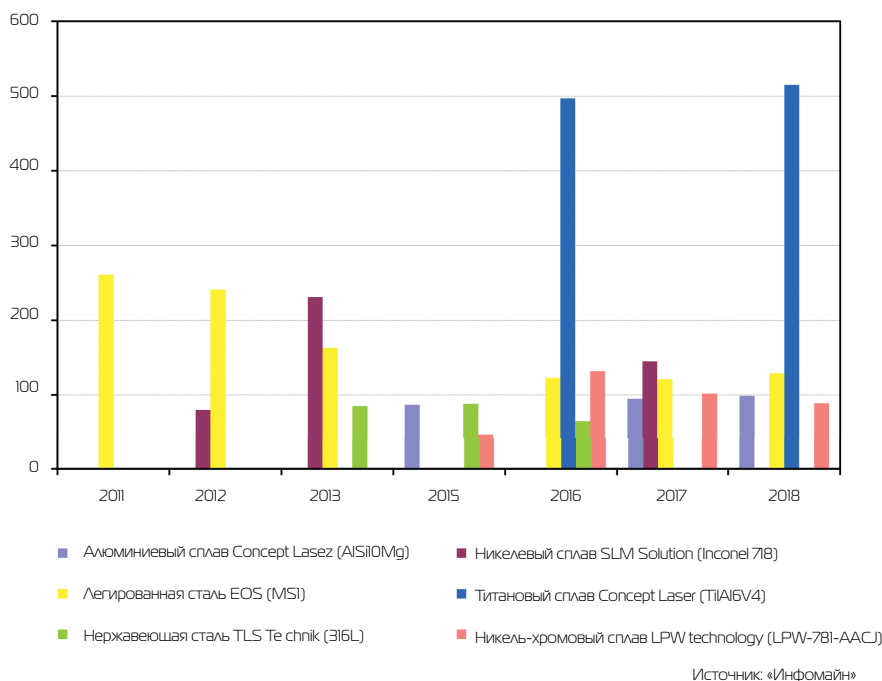
Среди импортеров металлических порошков для аддитивных технологий 29 российских компаний, среди них много торговых фирм. По объемам поставок следует выделить московские компании — Инженерная фирма «АБ Универсал», «Нисса Диджиспейс» (дистрибьютор Concept Laser), «СпецМеталлМастер» и «Неоветус».

Среди промышленных предприятий — «Новомет—Пермь» (Пермь), «ОДК-Сатурн», «ОДК-Авиадвигатель» (Пермь). Правда, «ОДК-Авиадвигатель» в последние годы напрямую порошки не импортирует.

«Новомет—Пермь» является единственным промышленным предприятием, которое регулярно закупает импортные порошки (из легированной стали компании EOS). На предприятии действует 3 установки прямого лазерного спекания этой компании, с их помощью изготавливают объемные модели основных частей погружных насосов.

По нашим оценкам и расчетам, доля импортных порошков для 3D-печати в 2017 г. составила 67% и имеет тенденцию к снижению.

Рис. 3. Цены на отдельные марки импортируемых порошков для 3D печати, долл./кг



Это связано с активизацией ряда российских производителей.

Крупномасштабное производство металлических порошков для аддитивных технологий имеет только ОАО «Полема» (Тульская область). Предприятие ведет работы по адаптации своих технологий получения металлического порошка под требования аддитивных технологий (морфология, фракционный состав и т.д.) и производит порошки для аддитивных технологий с 2014 г. По нашим данным, предприятие производит для 3D кобальт-хромовые и хром-никелевые порошки, а также порошки из нержавеющей стали.

Среди реальных производителей также следует отметить, конечно, ВИАМ (порошки жаропрочных сплавов), установка по выпуску железных порошков запущена на Ашинском металлургическом заводе, есть мощности по выпуску титановых порошков компании «Нормин», также имеются установки титановых гранул методом распыления на ОАО «Композит» и ВИЛС. Часть ком-

паний находится на стадии получения опытных образцов порошков, целый ряд заявил о своих планах и намерениях.

Среди основных потребителей порошков — «ОДК-Авиадвигатель», «ОДК-Сатурн» и ВИАМ, имеющие уже по 3–5 аддитивных аппаратов. В частности, ОАО «Авиадвигатель» с 2011 г. использует для ремонта деталей метод лазерной наплавки (LMD), также освоено выращивание металлических деталей по технологии селективного лазерного плавления (SLM). Предприятие использует титановые, никелевые, стальные, кобальт-хромовые порошки, при этом для лазерного плавления требуется порошок диаметром 10–63 мкм, для наплавки — 40–80 мкм.

Таким образом, вышесказанное убедительно свидетельствует о том, что российский рынок порошков для аддитивных технологий стремительно формируется и развивается, и это внушает определенный оптимизм. ■



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



Главное событие отрасли
в России и странах СНГ

ФОТОНИКА

МИР
ЛАЗЕРОВ
И ОПТИКИ

4–7 марта 2019

При поддержке Министерства
промышленности и торговли РФ

Под патронатом ТПП РФ



Реклама 12+



14-я международная
специализированная выставка
лазерной, оптической
и оптоэлектронной техники

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»
www.photonics-expo.ru



ЛАЗЕРНАЯ АССОЦИАЦИЯ

ЭКСПОЦЕНТР

Аддитивные или субтрактивные технологии?

Опыт использования CAD/CAM/CAPP-системы в общем и дополнительном образовании

Лариса Юрьевна Дарына

В преддверии конца второго десятилетия XXI века, как и двадцать лет назад, на страницах печатных и электронных изданий, в докладах ведущих специалистов страны на семинарах, конференциях и симпозиумах по-прежнему среди ключевых проблем развития промышленности России не теряет актуальности и остается неизменной в формулировке проблема нехватки высокопрофессиональных кадров — «кадровый голод». В чем же реальная проблема? Несовершенство системы профессионального образования? Недостаток учреждений среднего профессионального и высшего образования политехнической направленности? Недостаток высокопрофессиональных преподавателей в этих учреждениях?

Нет. Проблема российского профессионального образования политехнической сферы кроется в разрыве между требованиями федерального образовательного стандарта к выпускникам обще-

го образования и необходимым уровнем подготовки абитуриентов учреждений СПО и вузов для успешного освоения программ профессиональной подготовки.

В федеральном государственном образовательном стандарте общего образования не предусмотрены дисциплины, обеспечивающие организацию планомерного и комплексного развития компетенций обучающихся, которые позволят выпускникам школ сделать осознанный выбор профессии политехнической направленности.

Силами учреждений дополнительного образования такая проблема не решается в силу разрозненности получаемых учащимися знаний, умений и навыков и отсутствия возможности самостоятельно выстроить целостную систему знаний.

Даже если учреждение общего образования имеет в своем составе структурные подразделения дополнительного образования, по-прежнему остается очень мно-

го нерешенных вопросов. Основные из них:

- Чему обучать?
- Какие методические материалы использовать в процессе обучения?
- На какой материальной базе организовывать практическую часть образовательного процесса?

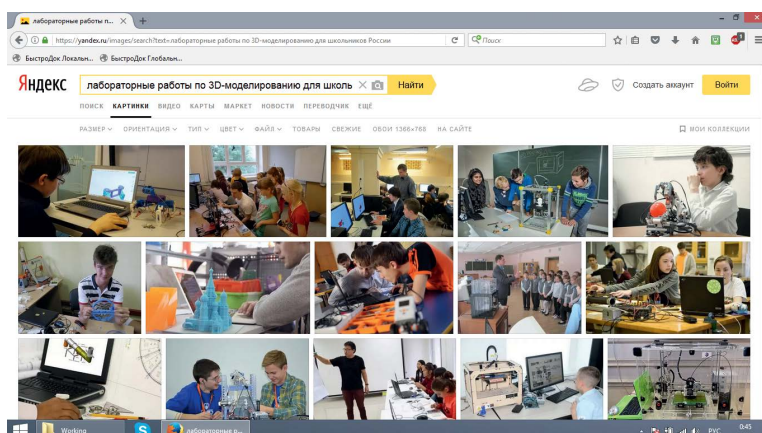
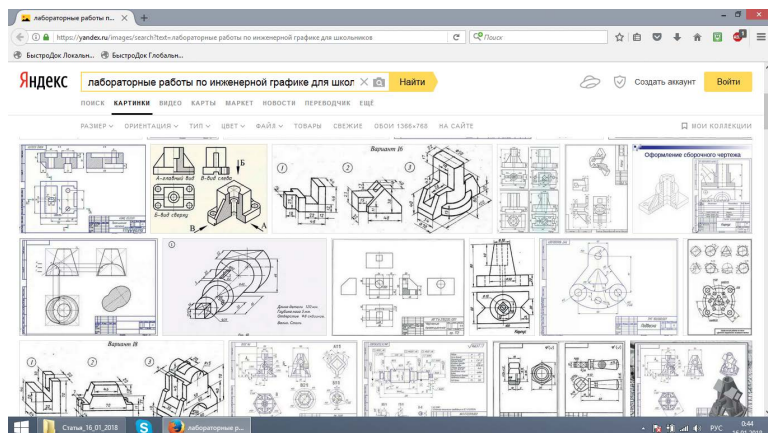
Оптимальным решением первого вопроса подготовки учащихся является многоуровневая межпредметная интеграция образовательных программ общего и дополнительного образования с применением универсального инструментария современных средств автоматизации проектирования и изготовления изделий.

Проблема нехватки методических материалов для довузовской подготовки становится очевидна любому человеку, набравшему в произвольной поисковой системе пару запросов:

- «лабораторные работы по инженерной графике для школьников»;

Рис. 1.

Рис. 2.



- «лабораторные работы по 3D-моделированию для школьников».

В первом случае получаем богатый набор лабораторных работ по черчению и моделированию всевозможных пластин, прокладок, планок, опор, корпусов, крышек, валов и т. д. (рис. 1).

Во втором случае получаем яркий красочный коллаж из фотографий детей вместе с преподавателями, в лучшем случае сидящих за компьютерами и программирующих роботов из конструкторов «Лего», в худшем случае находящихся просто на обзорной экскурсии в лабораториях, оснащенных 3D-принтерами (рис. 2).

По мнению региональных представителей группы компаний ADEM, специализирующихся на довузовской подготовке учащихся, ни тот, ни другой подход неприемлем.

Сложно ожидать, что изображение (или чертеж) какой-либо технической детали неизвестного для обучающегося назначения вдохновит его на кропотливую работу по моделированию и изготовлению.

Есть в системе общего и дополнительного образования РФ еще одна проблема — мода. В 2010–2013 годах прочно заняли позицию модных две темы: нанотехнологии и робототехника. Фактически ни один проект на грантовую поддержку с целью приобретения оборудования просто не рассматривался, если не озвучивались вышеназванные темы. То есть оснащение материальной базы образовательных учреждений оказалось либо однобоким, либо недостаточным в связи с невозможностью изыскать собственные финансы на оборудование, необходимое для развития других лабораторий.

Если к 2015 году нанотехнологии утратили актуальность для общего и дополнительного образования, то робототехника и до настоящего времени является те-

мой № 1, невзирая на то, что весь курс сводится к способности учащегося собрать робота из готового конструктора и запрограммировать на выполнение элементарных действий.

Для обеспечения всестороннего развития политехнического образования школьников группой компаний ADEM поддерживаются в регионах сообщества образовательных учреждений, способные организовать сетевое взаимодействие лабораторий сквозного проектирования. Для работы в сфере общего и дополнительного образования оптимальным выбором программного обеспечения в качестве универсального инструментария является академическая версия отечественной интегрированной системы CAD/CAM/CAPP ADEM 9.0, распространяемая для использования в образовательных целях как в учреждениях образования, так и индивидуально педагогами и учащимися.

Специалистами группы компаний ADEM разрабатываются лабораторные работы, изложение материала в которых одинаково как для учащихся 5–8 классов, так и для учащихся 9–11 классов. Некоторые из них могут быть использованы и в работе с обучающимися начальной школы. Однако если прагматическая цель выполнения учащимися лабораторной работы одинакова для всех возрастных категорий, то общеобразовательные цели для указанных возрастных групп различны:

- Ученики начальной школы знакомятся с новейшими разработками в сфере моделирования и изготовления изделий на примере, понятном любому ребенку, что способствует мотивации учащихся к изучению всех необходимых дисциплин, получению и накоплению практических навыков.

- Обучающиеся 5–8 классов формируют целостное представление как о предмете, модель ко-

торого строят, свойствах и объектах окружающего мира, являющихся прототипами модели, так и о неразрывных связях предметных дисциплин, изучаемых ими изолированно (математика, физика, природоведение, биология, химия и т. д.). Как следствие использования многоуровневой интеграции у обучающихся формируется зона ближайшего развития, позволяющая в последующие годы многократно ускорить процессы обучения по любому из выбранных направлений.

- Обучающиеся 9–11 классов в результате выполнения работ систематизируют полученные ранее знания таких предметных областей, как математика и информатика, естественно-научные дисциплины, технология, и восполняют пробелы в тех или иных разделах фундаментальных предметов, используя широкие возможности CAD/CAM/CAPP-системы ADEM 9.0.

Таким образом, получая практико-ориентированные навыки использования современных средств проектирования и изготовления изделий, учащиеся многократно повышают общий уровень образования и получают возможность осознанно выбрать профиль обучения в старшем звене общего образования, учреждение среднего профессионального или высшего образования политехнической направленности.

Особое внимание уделяется вопросу «Аддитивные технологии и их применение в сфере общего образования».

На настоящий момент даже у школьников 5–6 классов на слуху такой термин, как «аддитивные технологии», так как с 2015 года этот термин используется как лозунг передового образовательного процесса, поддерживаемого многочисленными целевыми программами федерального, регионального и муниципального уровней.

Многообразие научных статей и иных материалов, в изобилии представленных на необозримо огромном количестве электронных ресурсов, доступных каждому пользователю интернета, повествуют о практически безграничных возможностях новейших технологий, не останавливаясь на так называемых «уязвимых местах» возможности применения этих технологий в сфере образования, тем более не в рамках высшей школы, а в системе общего и дополнительного образования, где и закладывается фундамент мировоззрения будущих специалистов.

Очень важно не допустить перекоса в формирующемся мировоззрении учащегося. Поэтому методически правильно проводить постоянное сравнение аддитивных технологий и традиционных методов механического производства и обработки (так называемых «субтрактивных»):

- Аддитивное производство подразумевает постройку объектов за счет добавления необходимого материала.

- Субтрактивные методы предполагают удаление лишнего материала, как в случае опиловки, сверления, фрезерования, токарной обработки, резки, шлифования.

Также педагогически целесообразно уточнять, что термин «субтрактивные», подразумевающий более традиционные методы, является ретронимом, придуманным в последние годы для разграничения традиционных способов и новых аддитивных методов.

С особой осторожностью необходимо относиться к 3D-сканированию как методу, «позволяющему в несколько раз сократить время, затрачиваемое на создание модели». Тот факт, что при этом умалчивается маловероятная возможность изменения и/или корректировки полученной модели, а понятие «параметризованная

модель» отсутствует как таковое, сводят к нулю все преимущества 3D-сканирования в системе образования.

Если же рассматривать этот вопрос с точки зрения педагогики, то такой подход вообще понижает уровень процесса обучения до репродуктивного метода, где применение изученного осуществляется на основе образца или правила. Здесь деятельность обучаемых носит алгоритмический характер (т.е. выполняется по инструкциям, предписаниям, правилам в аналогичных, сходных с показанным образцом ситуациях), оставляя совершенно незатронутыми методы обучения, в каждом из которых степень активности и самостоятельности в деятельности обучаемых нарастает (метод проблемного изложения; частично-поисковый, или эвристический метод; исследовательский метод).

Наглядным примером сравнительного анализа использования субтрактивных и аддитивных технологий является лабораторная работа «Синий махаон».

В данной лабораторной работе реализация декоративного изделия «Синий махаон» рассмотрена в последовательности:

- Изучение биологического прототипа декоративного изделия — дневной бабочки семейства парусники хвостыносец Маака, или синий махаон.

- Изучение сборной деревянной модели «Бабочка».

- Построение 3D-модели в CAD/CAM/CAPP-системе ADEM 9.0.

- Создание техпроцесса для изготовления деталей на фрезерном станке RH-200.

- Сохранение 3D-модели в формате STL.

- Получение файла в формате gcode в слайсере CURA.

- Импорт файла в формате gcode в программное обеспечение Repetier-Host, управляющее 3D-принтером Magnum Education.

- 3D-печать декоративного изделия.

Синий махаон — так часто называют самую крупную дневную бабочку России, распространенную в Приамурье, на Южном Сахалине и о. Кунашир, которая может залетать в Восточное Забайкалье и к устью Амура.

Биологически правильное название: парусник Маака, или хвостыносец Маака (лат. *Papilio maackii*) — дневная бабочка семейства парусники (Papilionidae). Видовое название дано в честь Ричарда Карловича Маака — русского натуралиста, исследователя Сибири и Дальнего Востока.

Махаон Маака, или синий махаон — это не только самая крупная дневная бабочка России, но и поистине самая красивая. Поэтому не удивляет тот факт, что ее изображения встречаются чаще других бабочек. Не составил исключение и мир игрушек для детей различных возрастов — синий махаон богато представлен различными изделиями от сборных деревянных до моделей из легких металлов с пружинным механизмом движения крыльев.

Вне зависимости от выбора способа реализации изделия в материале (аддитивными или субтрактивными методами) первоепенная задача — это создание 3D-модели в CAD/CAM-системе с возможностью проверить корректность построения (все ли образующие тело поверхности замкнуты, является ли тело единым объектом и т.д.). Кроме того, даже при создании модели стилизованной бабочки необходимо помнить о свойствах реального биологического объекта моделирования.

Модель синего махаона в CAD/CAM/CAPP-системе ADEM впервые была выполнена еще в 2004 г. Изделие изготавливалось из фанеры и оргстекла на станке с ЧПУ RH-200 в лаборатории сквозного проектирования МБОУ

ДО «Родник» г.о. Тольятти Самарской области.

Сборная модель бабочки и раскладка плоских деталей для построения техпроцесса изготовления изделия наглядно представлены на скриншотах (рис. 3).

Изготовление изделия из разных заготовок на основании одной и той же модели позволяет учащимся на практике познать различия свойств материалов и областей их применения. Модель рассчитана на толщину материала 3 мм, однако из фанеры и оргстекла этой толщины получаются совершенно разные изделия. Соответственно, при сборке дета-

лей, вырезанных из фанеры, получается деревянная бабочка, которая впоследствии может быть художественно расписана, а из оргстекла — прозрачная, представляющая собой оригинальный декоративный компонент ночника (рис. 4).

Используя уже построенные контуры деталей бабочки, можно создать модель для реализации другого декоративного изделия — брошки или заколки.

В этом случае изготовление декоративного изделия «Синий махаон» осуществляется с применением аддитивных технологий на 3D-принтере Magnum Educa-

tion, который использует технологию послойного наплавления материала (FDM). Рабочее поле 230×210 мм. Высота области печати 235 мм. Экструдер с выходным диаметром сопла 0,3 мм.

На следующих скриншотах показаны этапы преобразования ранее построенных контуров сборной конструкции в модель нового изделия (рис. 5).

Созданный в CAD/CAM/CAPP-системе ADEM 9.0 файл сохраняется в формате STL. Затем учащиеся загружают полученный файл в выбранный слайсер, из которого выгружается код управляющей программы для 3D-принтера в формате gcode. Далее gcode загружается в ПО управления 3D-принтером (с 3D-принтером Magnum Education в комплекте поставляется ПО Repetier-Host) — рис. 6.

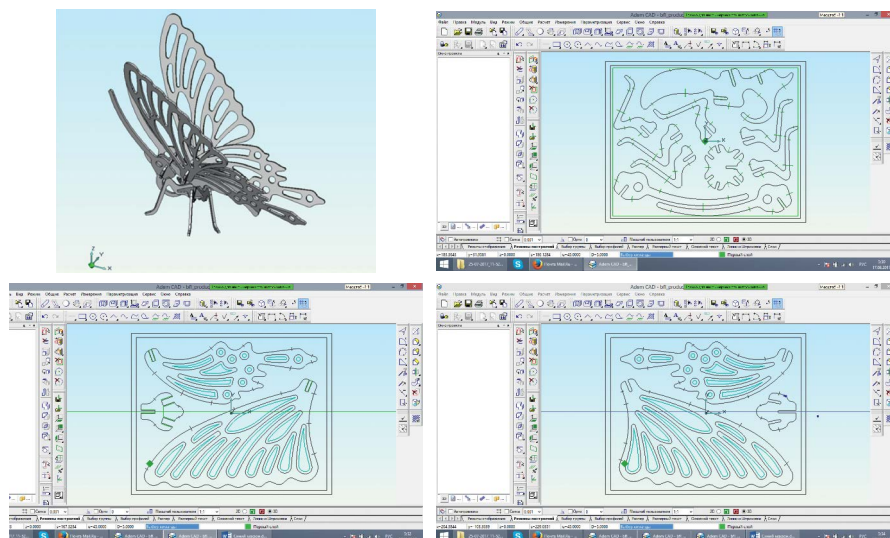


Рис. 3.

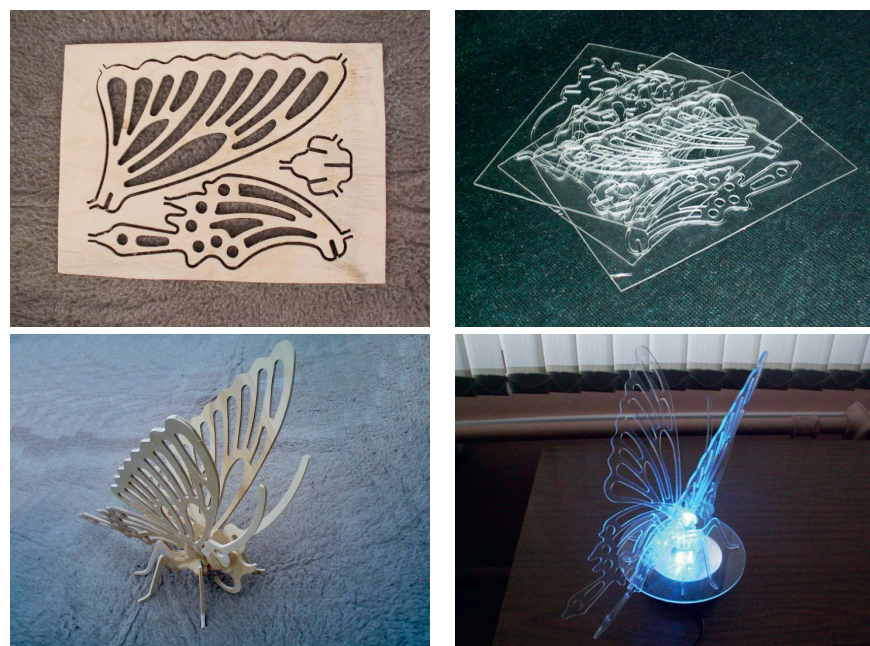


Рис. 4.

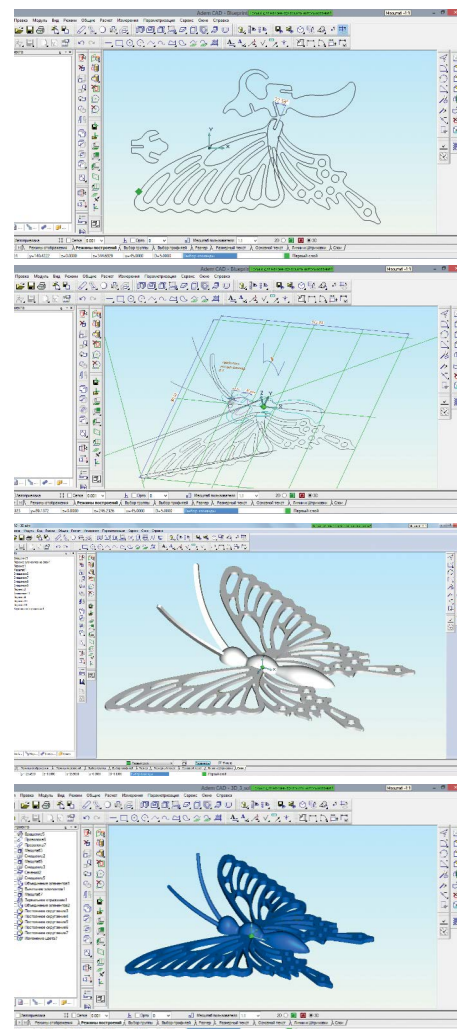


Рис. 5.

Рис. 6.

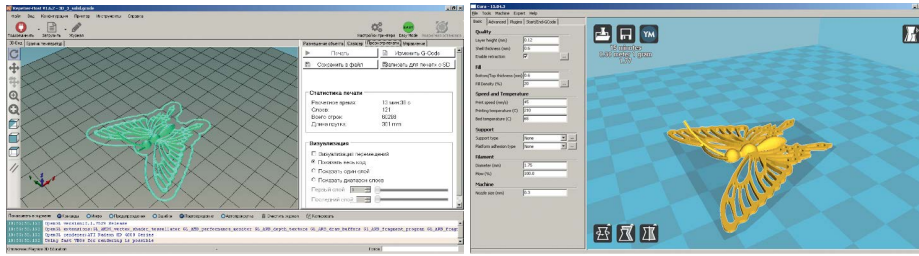


Рис. 7.



В итоге получаются изящные легкие декоративные изделия (рис. 7).

В учреждениях общего и дополнительного образования непосредственно на уроках разрешается использовать только один вид пластика — полилактид (PLA). Это биосовместимый материал, нетоксичный при нагреве, не имеющий резкого запаха и безопасный в использовании. Материал поставляется на катушках, имеет 16 базовых цветов, однако полная палитра возможных оттенков достаточно велика, в том числе есть полупрозрачные и прозрачные PLA (рис. 8). Таким образом, поле для полета фантазии учащихся в процессе обучения практически не ограничено.

Наиболее органичным переходом от плоско-объемного моделирования к темам создания моделей сложных форм является работа с телами вращения. Одна из классических задач — это моделирование и изготовление шахматных

Рис. 8.



Рис. 9.

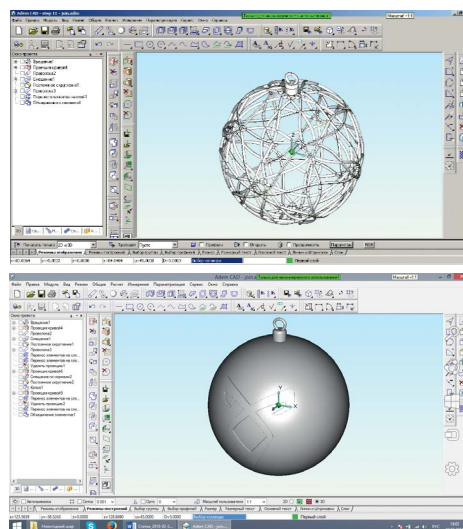


фигур. Такая лабораторная работа, аналогично описанной выше, также выполняется с проведением сравнительного анализа применения субтрактивных и аддитивных технологий.

Рассматриваются методы создания изделий с обязательным сравнением трудозатрат, необходимости дополнительных построений и/или оснастки и крепежа, а также оценивается полученный результат с точки зрения технологической точности и эстетической привлекательности. Кроме того, эта лабораторная работа позволяет рассмотреть варианты изготовления требуемого изделия в отсутствие необходимого оборудования. Например, в распоряжении образовательного учреждения имеется фрезерный станок, но нет токарного.

На рис. 9 приведены примеры изготовления пешки: слева — две половинки фигуры изготовлены на фрезерном станке из оргстекла, справа — 3D-печать из PLA.

Для демонстрации применения только аддитивных техноло-



гий необходимо выбирать примеры изделий, изготовить которые иными способами либо очень проблематично, либо вообще невозможно. К таким объектам относятся изделия с отрицательным уклоном поверхности, рельефной боковой поверхностью или гибкие конструкции.

Удачным примером, сочетающим все перечисленные преимущества аддитивных технологий, являются новогодние украшения (рис. 10). Елочные шары могут быть как причудливо ажурными, так и представлять собой полую сферу с тематическим рельефом по выбору учащегося. И в том, и в другом случае интересен как процесс моделирования, так и процесс подбора параметров слайсера для того, чтобы геометрия изделий не искажалась при 3D-печати.

Расчет гибкого декоративного браслета с символикой образовательного учреждения — это прежде всего интересная математическая задача, решение которой реализовано не только в модели, но и в материале (рис. 11).

Стакан для ручек и карандашей с рельефной боковой поверх-

Рис. 10.

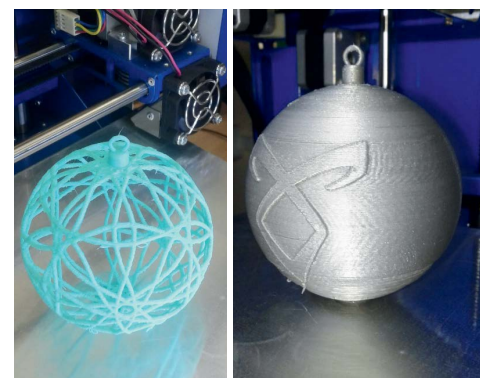
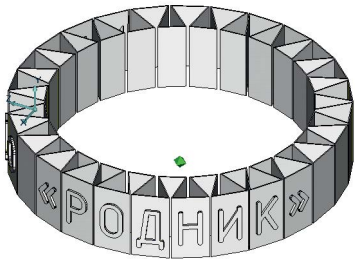


Рис. 11.

Рис. 12. →



ностью и барельефным медальоном на ней является еще одним примером изделия, которое не выполнить на простых токарных или фрезерных станках (рис. 12).

В Поволжском регионе лабораторные работы специалистов группы компаний ADEM, аналогичные вышеописанным, ежегодно обсуждаются на семинарах специалистов информационных и материальных технологий учреждений общего, дополнительного, среднего специального и высшего образования.

Так, 6 декабря 2017 г. на базе МБОУ ДО «Центр технического творчества» состоялся XI Открытый региональный обучающий

семинар «Современные информационные технологии в образовании. Инженерная компьютерная графика» в соответствии с планом соглашения о сетевом взаимодействии в сфере политехнической направленности учреждений общего и дополнительного образования Поволжского региона под эгидой Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева при поддержке группы компаний ADEM.

2 марта 2018 г. там же состоялся семинар «Современные информационные технологии. Методические рекомендации к преподаванию». Мероприятие проведено в рамках региональной стажерской площадки 2018 г. «Развитие сферы политехнического образования через сетевое взаимодействие учреждений различных типов и видов». Директор ООО фирма «ЛД-Факториал» Лариса Юрьевна Дарьина провела мастер-класс «Лабораторные работы по инженерной компьютерной графике для школьни-

ков в CAD/CAM/CAPP-системе ADEM».

Обсуждение специалистами учреждений образования различных уровней предлагаемых лабораторных работ приводит к стимулированию разработки методических материалов по данной тематике, что, в свою очередь, проявляется увеличением количества и повышением качества конкурсных работ учащихся и их педагогов, принимающих участие в ежегодном открытом региональном конкурсе «Инженерная компьютерная графика и применение ее в производстве». При поддержке группы компаний ADEM 26 апреля 2018 г. состоялся юбилейный X конкурс, который, как и всегда, стал интересным, зрелищным мероприятием, завершающим учебный год. Работы победителей конкурса [1] задают новые направления разработки лабораторных работ. ■

Литература

1. <http://ctt.tgl.ru/content/rc/53>

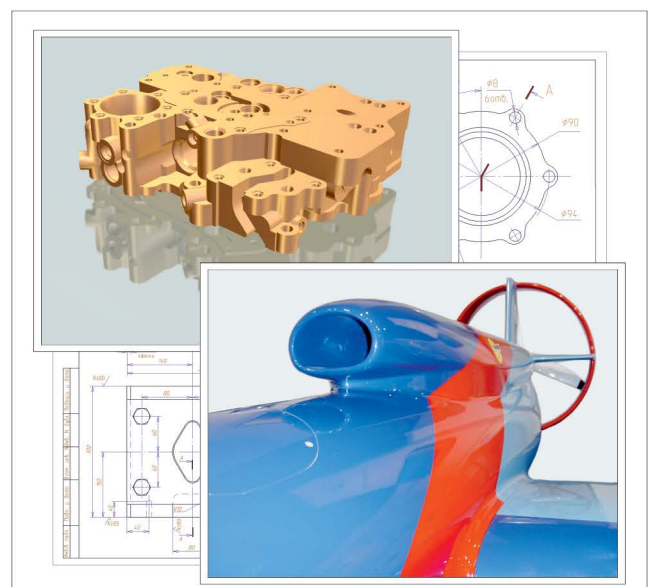
По материалам журнала «САПР и графика» № 5'2018

Интегрированная **CAD/CAM/CAPP/PDM** система **ADEM** для автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства. Единый программный комплекс, в состав которого входят модули для: объемного и плоского моделирования; выпуска конструкторской и технологической документации; проектирования техпроцессов; программирования станков с ЧПУ (токарных, фрезерных, электроэрозионных, лазерных и др.); управления архивами и проектами. Содержит также средства для реновации накопленных знаний (бумажных чертежей, перфолент), для анализа технологичности и нормирования проекта.

Группа компаний ADEM

107497 Москва:
Иркутская, д. 11
тел:
+(7) 495 462-0156, +(7)
495 502-1341
e-mail:
moscow@adem.ru

426003 Ижевск:
Красноармейская, д. 69
тел:
+(7) 3412 522-341, +(7)
3412 522-433
e-mail:
izhevsk@adem.ru



АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТОМАТОЛОГИИ

Н.М. Максимов, ООО «Ника-Рус»



Стоматология, пожалуй, одно из самых консервативных направлений в медицине с точки зрения использования новых технологий. Тем более если речь идет о применении аддитивных технологий (АМ).

Где можно использовать новые технологии?

На медицину и стоматологию в сумме приходится 17% всего рынка АМ. Прогнозируемые доходы от использования АМ в медицине составят к 2020 году более \$3,1 млрд и более \$5,0 млрд в 2021 году, в основном за счет инвестиций в США и Западной Европе. При этом одна треть приходится на стоматологию, а остальная часть доходов — примерно в равных долях на изготовление протезов и приборов для медицины, на создание новых продуктов и печать прототипов. Наибольший рост АМ, примерно на 20% в год, предполагается в ортопедии (создание индивидуальных шаблонов для хирургов, имплантаты для коленного сустава и для позвоночника). С учетом создания новых 3D-принтеров и материалов для них, а также за счет снижения цен на услуги печати ожидается появление многих новых приложений АМ в меди-

цине. Поэтому медицина рассматривается как одно из наиболее быстрорастущих приложений для АМ, обладающих высоким потенциалом роста.

В статье мы обсудим оборудование для 3D-печати, биосовместимые материалы, программное обеспечение для стоматологических лабораторий, вопросы обучения и планирования операций. Приведем примеры успешных применений АМ в стоматологии и существующих ограничений по материалам для реставраций. Необходимо также рассмотреть несколько важных факторов (их называют «четыре М», рис. 1) — рынок и технологию, материалы и метрологию — чтобы достичь нужной функциональности за счет выбора предсказуемой и обеспечивающей повторяемость АМ-технологии. При этом материалы и метрология являются определяющими.

С появлением АМ появилась возможность использовать их для различных приложений: непо-

средственно для изготовления реставраций, моделей для литья, для изготовления вспомогательных элементов типа шаблонов и хирургических направляющих, для челюстно-лицевого протезирования, изготовления съемных протезов и имплантатов, для планирования операций, широкое применение в ортодонтии.

Естественно, в стоматологии уже давно применяют цифровые методы в виде CAD/CAM-систем. Наиболее законченные решения для задач традиционной практической стоматологии предлагают несколько известных компаний:

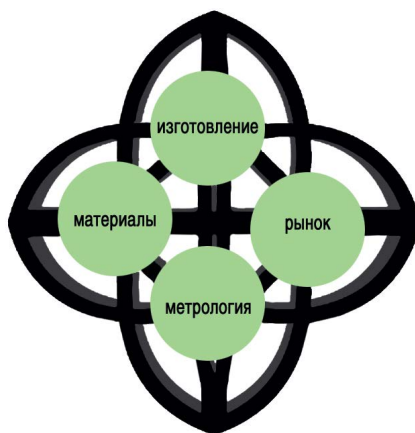
— Dentsply Sirona [1] с набором оборудования для сканирования отдельных зубов, подготовки рабочего файла и изготовления на установках Ceges (оборудование с ЧПУ) готовых реставраций из диоксида циркония, керамики, металлокерамики, металлических сплавов с их установкой за один визит пациента. В РФ и СНГ почти весь рынок принадлежал продуктам компании: сканеры, программы обработки и обрабатывающие центры CEREC.

Небольшая доля приходилась на сканеры и системы подготовки решений для стоматологов от компании 3Shape (Дания) и DentalWings (Канада):

— 3Shape: сканеры и программное обеспечение для стоматологии, в том числе интраоральные сканеры.

— Dental Wings (Canada): примерно такой же набор оборудования и софта.

Рис. 1. Определяющие факторы для АМ — 4 М



AM-технологии добавили новые возможности:

- печать восковых моделей на 3D-принтере SolidScape (Prodways, Франция — США) с последующим литьем в металле отдельных реставраций или мостов;
- изготовление пластиковых высокоточных шаблонов для установки имплантатов;
- изготовление прозрачных накладных брекет-систем в ортодонтии, в том числе как сервис (компания Invisalign, США);
- изготовление шаблонов для моделирования и обучения.

Основные требования:

- биосовместимость материалов, которые имеют контакт с телом человека (сплавы металлов, керамика, пластмассы);
- долговременная устойчивость материалов к воздействию агрессивной среды в полости рта;
- высокие механические свойства материалов протезов, не уступающие природному материалу зубов;
- технологичность и высокая скорость изготовления реставраций.

Затраты на медицину в мире составят \$8,7 триллиона

Доля людей старше 65 лет (основной контингент для медицины) увеличится до 11,5%.

Только в США стоматологические и ортодонтические лаборатории оказывают услуги более 190 000 стоматологов. И практически все госпитали имеют централизованные отделы с АМ.

Рост применения АМ в медицине в 2017 г. составил 21%, доля АМ в ежегодном доходе составила 11%. В 2017 г. FDA (Food and Drug Administration, США) выпустила руководство по применению изделий медицинского назначения, изготовленных с помощью АМ (Technical Considerations for Additive Manufac-

tured Medical Devices December 5, 2017). Кроме того, FDA выпустила несколько регулирующих документов по использованию АМ в регенеративной медицине (включая ткани, клетки человека и т.д.), а также по требованиям к работе АМ-отделов при госпиталях [2].

Компании Materialise и Formlab договорились о сотрудничестве по обеспечению госпиталей законченным, экономичным и простым в эксплуатации решением для запуска своей 3D-лаборатории. Оно рассматривается как некий базовый стандарт и включает в себя программное обеспечение Mimics inPrint, позволяющее работать с визуальной информацией, и 3D-принтер Form 2 от Formlab [3] для печати хирургических шаблонов. Исходная информация может быть получена с помощью интраорального сканера 3Shape TRIOS, обработана в программе 3Shape Implant Studio и затем напечатана на 3D-принтере Form 2 из биосовместимой смолы Dental SG [4] в течение одного дня.

Компании Materialise и Siemens Healthineers подписали соглашение о партнерстве, по которому программное обеспечение Materialise Mimics inPrint будет включено в открытую платформу Siemens Healthineers syngo. Новый продукт с помощью виртуальных 3D-моделей позволит установить более тесное сотрудничество при планировании операций между командами радиологов и хирургов [5].

Philips объявил о сотрудничестве с 3D Systems и Stratasys в разработке клинических 3D-моделей с помощью программы IntelliSpace Portal 10 с последующей печатью на 3D принтерах партнеров [6].

Понятие digital workflow (цифровой рабочий процесс) включает три фазы:

- получение информации с помощью разных сканирующих технологий;
- обработка данных с помощью САД-программ;
- производство изделия с помощью САМ-систем или АМ из выбранного материала.

О 3D-сканировании в стоматологии [7]

Технологии 3D-сканирования нужны для конвертирования физических моделей в САД-файлы для последующего моделирования и изготовления отдельных элементов (зубов, коронок, брекетов, десен, виниров и шаблонов) с помощью АМ (таблица 1).

Их достоинства:

- быстрое получение информации и ее обработка,
- комфорт для пациента,
- минимум затрат времени и денег,
- эффективное планирование процедуры и ее упрощение,
- лучшие коммуникации,
- углубленное обучение,
- обзор структуры зубов под разными углами.

Из множества существующих методов сканирования в стоматологии (доля в 17%) используют методы на основе:

- рентгеновское излучение,
- оптические,
- компьютерная томография,
- лазерное сканирование,
- ультразвуковые,
- магниторезонансные (МРТ).

Основные игроки на рынке производства оборудования и материалов для стоматологии

Печать из светоотверждаемых полимеров: Carbon3D (США), FormLab (США), Envisiontec (Германия — США), Prodways (Франция), Planmeca Oy (Финляндия), Shining 3D (Китай), Stratasys (США), Digital Wax System (Италия), Roland DGA (США), Invisalign (США), 3D Systems;

Таблица 1. Приложения для 3D-сканирования в стоматологии [8, 9, 10]

Приложения	Описание
Помощь в создании моделей стоматологических реставраций	Создает точные цифровые данные полости рта в точном соответствии с оригиналом.
Планирование хирургических операций	Старые решения хранятся в цифровом формате и могут быть получены в любой момент или обновлены в соответствии с сегодняшней практикой. Цифровая модель обеспечивает лучшее планирование до операции, что сокращает время операции, ее стоимость и риск.
Инновации в стоматологии	Технология приносит новые решения для стоматологов (имплантаты, приборы и инструменты, стоматологические реставрации), что помогает решить многие проблемы в стоматологии.
Сохранение данных клиента. Восстановление старых реставраций или инструментов (если отсутствуют САД-данные).	Легкое и быстрое обновление и изменение различных инструментов для имплантирования на ранних этапах. Отсканированная модель показывает, какие исправления нужно сделать.
Исследования и разработки в имплантологии	3D-сканер может быть использован для сканирования зубов или челюсти ископаемых для антропологов и археологов.
Конструирование любых элементов в полости рта	Отвечает требованиям массовой кастомизации и полностью удовлетворяет спрос.
Обучение и повышение квалификации	Технология 3D-сканирования более полно отражает анатомию человека, чем 2D-фото. Лучшая иллюстрация при обучении, особенно в цветном изображении. Дает лучшее понимание хирургических процедур и помогает в решении возможных проблем.

1. Печать из металлов: EOS (Германия), Concept Laser (Германия – США), Renishaw and BioHorizons (Великобритания).

2. Печать из керамики: Porimy 3D Printing Technology Co (Китай).

3. Печать биоматериалов: Epvisiontec (Германия – США).

4. Печать (FDM) из термопластиков: Arfona (США).

Компания Carbon привлекает крупнейших производителей материалов для стоматологии к совместной разработке и дальнейшему производству материалов для массового АМ-производства изделий на 3D-принтерах Carbon.

Так, компания Whip Mix (США) разработала биосовместимый материал для АМ-производства хирургических шаблонов для сверления (рис. 2). Прозрачная смола является идеальным материалом для быстрого производства высокоточных хирургических шаблонов.

Два других фотополимерных материала компании DENTCA: DENTCA Denture Base II и DENTCA Denture Teeth – являются биосовместимыми материалами с близкими к традиционному акрилу прочностными характеристиками.

Материал FotoDent (компания DREVE) используется для создания маски для десен. Непрозрачный материал розового цвета сохраняет мягкость и гибкость.

Например, стоматологическая смола типа DPR10 позволяет изготавливать на 3D-принтерах Carbon точные, высококачественные модели для стоматологов в 10 раз быстрее существующих методов.

Для этого необходимо было решить несколько проблем: длительный цикл изготовления изделия, сложность оборудования, программного обеспечения и их

Рис. 2. Хирургический шаблон для установки имплантата из биосовместимого материала Whip Mix



Рис. 3. Образцы напечатанных изделий – шаблоны, брекетсы



использования (пользователям нужны простота запуска работы и интуитивно понятный интерфейс), плохой сервис и техподдержка.

Carbon успешно решает все эти задачи (рис. 3, 4):

- поддержание оборудования и софта в обновленном состоянии за счет поставки оборудования по подписке (по принципу «все включено»), обеспечивается поддержка по интернету и со стороны технических партнеров;

- за счет интеграции софта с существующими программами для стоматологов требуется минимальное обучение пользователей;

- скорость изготовления изделий для лабораторий будет в 10 раз выше, а значит, стоимость будет ниже.

Дополнительные опции:

- высокое разрешение;
- цвет, близкий к природному;
- великолепное качество поверхности с минимальной шероховатостью, что является идеальным для термоформовки шаблонов.

На рис. 4 приведен пример успешного применения технологии Carbon в компании Bynnes Dental Lab (Великобритания). После установки первой машины M2 в Европе и получения результата владелец компании Ashley Bynne через сутки заказал вторую такую же машину, чтобы обеспечивать изделиями не только себя, но и другие стоматологические компании. «Все модели были абсолютно одинаковы со 100% повторяемостью, легко очищались,

Рис. 4. Модели напечатаны на принтере M2 carbon [11]



все процедуры просты и понятны», – сказал Ashley Bynne в интервью ТСТ.

На рис. 5 показаны рабочие платы с готовыми изделиями, напечатанными на принтере Form 2 компании Formlabs.

Материалы

Материалы для АМ-технологий в стоматологии можно разбить на несколько групп в зависимости от материала (полимеры, включая смолы и термопластики; керамика и металлы), а также от состояния материала (порошок, нить, жидкость).

1. Полимеры

Термопластики для FDM-машин, где нить из термопластика нагревается и выдавливается через фильеру, создавая слой за слоем точную структуру. Примеры пластиков: ABS, PLA (пригодный

для внутриорального использования). Иногда в термопластик добавляют биоразлагаемый полиэфир с биоактивной добавкой (трикальцийфосфат) и используют его в качестве строительных структур (скаффолды) в стоматологии.

Восковые материалы применяются как модели для последующего литья по выплавляемым моделям.

Фотополимерные смолы используются в оборудовании, где отверждение происходит за счет засветки УФ-излучением или излучением лазера. Фотополимеры дают большой выбор по цвету, жесткости, добавкам разных компонентов. В них добавляют биосовместимые и биоактивные добавки, как, например, биоактивное стекло. Фотополимеры можно также использовать вместо воско-



Рис. 5. Рабочие платы с напечатанными готовыми изделиями (принтер Form 2)



вых моделей для литья высоко-точных изделий.

2. Керамики

Используются для производства строительных шаблонов или для керамических протезов. Технологии АМ:

- SLS, в том числе цементных порошков, позволяет получить структуру, подобную керамике и сравнимую с ней по свойствам [12];

- экструзия порошков керамики со связующим с последующим спеканием для получения нужной прочности;

- спекание порошков оксида алюминия с получением структуры высокой плотности и приемлемой прочности – технология Inkjet 3D-печати [13].

Можно также изготавливать протезы из порошка оксида циркония со связующим с последующим спеканием [14].

К сожалению, изделия из керамики, изготовленные методом спекания (АМ), обладают рядом недостатков, как, например, анизотропия усадки при спекании, видимые слои построения на поверхности изделий. Поэтому их можно использовать только как строительные шаблоны (скаффолды).

3. Комбинация связующего и порошка

Применяется в технологии инжектирования (InkJet): в ванну с порошком с высокой точностью наносится в жидком виде связующее с помощью матрицы с множеством сопел. Процесс построения послойный. После завершения построения изделие подвергается термообработке, в результате связующее удаляется, а материал изделия спекается. Используется широкий спектр керамик, металлокерамик.

4. Металлы

В основном речь идет о сплавах на основе титана и CoCr. Никелевые сплавы в протезировании в стоматологии сейчас прак-

тически не используются из-за риска аллергии на никель. Титановые сплавы типа Ti6Al4V идеально подходят для изготовления протезов методом SLS: биосовместимые, обладают высокими механическими свойствами и хорошей способностью к остеоинтеграции имплантатов.

Популярные в прошлом протезы на основе драгоценных металлов сейчас уступили место сплавам CoCr, более дешевым, у которых хорошая совместимость с цементом, более высокая твердость, меньший удельный вес, большая устойчивость к коррозии [15].

Технологии

В статье [16] дается сравнительный анализ микроструктуры и механических свойств протезов при изготовлении классическим способом литья, с помощью АМ (SLS) и обработкой по технологии CAD/CAM. При выборе технологии нужно учитывать усадки материала при охлаждении расплава при литье, которые могут привести к нарушению геометрии изделия. Исправить их постобработкой будет не просто из-за высокой твердости сплава. При металлообработке (ЧПУ) образуется много отходов, возможно появление напряжений при удалении поддержек, и также нужно учитывать усадки в процессе обработки. АМ-технология снимает большинство из указанных проблем. При этом технология прямого лазерного спекания (DMLS) более предпочтительна по сравнению с SLS. Сравнительные испытания были выполнены на трех типах металлических 3D-принтеров: PM 100/PXM (Phoenix Systems, Riom, France, ныне 3D Systems), Eosint M270/M280 (EOS GmbH, Munich, Germany) и Bego (Bego Medical, Bremen, Germany).

Наиболее широко используются АМ-технологии при создании биомоделей для диагностики, при

обучении планированию и проведению хирургических операций с последующим изготовлением и применением имплантатов.

На рис. 6–13 приведены примеры выполнения отдельных работ с помощью АМ.

Также увеличивается количество операций с изготовлением с помощью АМ соответствующих челюстно-лицевых протезов и протезов для черепных реконструкций. Можно до проведения самой хирургической операции протестировать и подогнать с помощью модели протеза будущую готовую реконструкцию и уменьшить время проведения операции на 1–1,5 часа [17].

В имплантологии настоятельно рекомендуется использовать хирургические шаблоны, которые намного снижают риск возможных операционных осложнений. Точность шаблонов очень высока: отклонение по углу не более 2 градусов, линейное отклонение в пределах 1,1 мм.

Еще одно применение АМ – изготовление скаффолдов (строительных пористых конструкций) для последующей остеоинтегра-

Рис. 6. Хирургический шаблон для установки имплантата



Рис. 7. Финишная реставрация (материал – Dentca)



Рис. 8. Ортодонтическая модель нижней челюсти (материал — FotoDent)

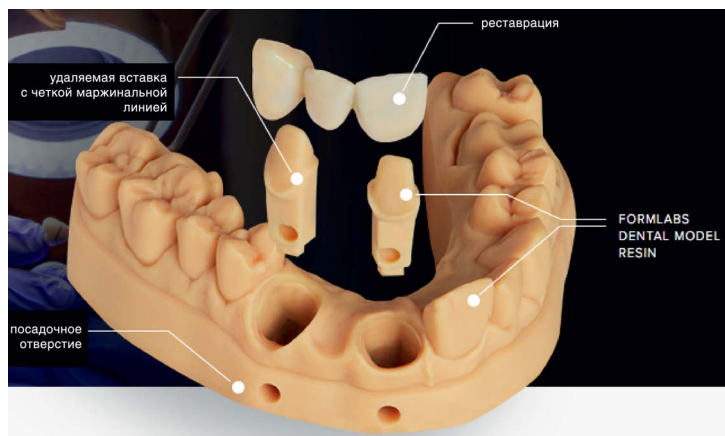


Рис. 9. Шаблон хирургический



ции, выбор материала здесь является определяющим. Поскольку нужно не только обеспечить высокую точность изготовления и биосовместимость протеза, но и его растворение со временем после прорастания ткани внутрь пористой структуры протеза. АМ позволяет получить мелкоячеистую структуру пор (размер пор от 300 мкм) с правильным их распределением и размерами, что невозможно для традиционных методов [18].

Интраоральные приложения АМ: изготовление керамических моделей по интраоральному сканированию с последующим изготовлением протезов зубов и колпачков (wax-up); изготовление по технологии SLA полной арки зубов верхней и нижней челюстей, в том числе для обучающих целей.

В целом перспективы применения АМ в стоматологии с учетом снижения цен на оборудование АМ и материалы, а также с уче-

том быстрого и кардинального улучшения технологий смотрятся вполне оптимистично.

К вопросу о точности АМ-оборудования

SLA-оборудование может создавать структуры с толщиной слоя в 25 мкм, InkJet печатает с минимальной толщиной в 12 мкм, FDM обеспечивает толщину слоя в 127 мкм.

Сравнение разных технологий с точки зрения точности изготовления протезов и их элементов выполнено в работе [19]. Приемлемым считается расхождение в зазоре по маргинальной линии в пределах 70–102 мкм.

Преимущества АМ

- Гибкость в применении широкого спектра машин и материалов как для исследования, так и для практического использования;
- ожидается появление новых недорогих более качественных ма-

шин и материалов в связи с окончанием действия патентов в области АМ;

- возможность одновременной печати несколькими материалами;
- пассивный характер печати (без изменения фазового состояния материала) позволяет избежать проблем, связанных с короблением при нагреве и охлаждении изделия из CoCr;
- минимум отходов материала (на 40% ниже, чем при металлообработке). При этом 95–98% отходов АМ могут быть возвращены в работу [20];
- размеры изделий определяются габаритами рабочей камеры АМ-оборудования, обычно они значительно превышают по габаритам изделий возможности оборудования с ЧПУ.

Ограничения АМ (на сегодняшний день)

- Эффект слоистости (ступеньки) на боковых поверхностях изделия;

Рис. 10. Основа (материал — Dentca)



Рис. 11. Шаблон для сверления (материал — FotoDent)



Рис. 12. Контейнер для слепков



Рис. 13. Финишная модель и элементы модели для установки имплантатов



- невозможность использовать для печати изделий из керамики из-за высокой пористости;
- воспроизводимость или повторяемость изделий находится пока на низком уровне;
- необходимость построения поддерживающих структур;
- пока немного компаний–производителей АМ-оборудования, выпускающих машины специально для стоматологии.

Что мы ожидаем в будущем от АМ?

- Создания новых материалов;
- появления новых, ориентированных на клиента инструментов;
- развитие локальных сервисов АМ при госпиталях;
- развитие технологий АМ в сторону более быстрой печати и увеличения объемов производства;
- повышение интеграции между визуализацией, программным обеспечением, оборудованием для 3D-печати;
- улучшение коммуникаций между медицинским сообществом и регулируемыми государственными структурами;
- рост биопринтинга, включая печать электроники в медицинские приборы;
- для локальных сервисных центров при госпиталях большее использование для обучения и планирования хирургических операций, улучшение предсказания и подтверждения результатов.

Ожидания в области приложений

Некоммерческая медицинская ассоциация (SME, США) в 2018 г. провела опрос специалистов-медиков на тему прогнозов применения АМ-технологий в медицине. Некоторые ответы для стоматологии приведены на рис. 14–16.

Из обращения гендиректора Carbon J. DeSimone в связи с резким снижением цен на расход-

Рис. 14. Прогноз по использованию материалов (SME, США)

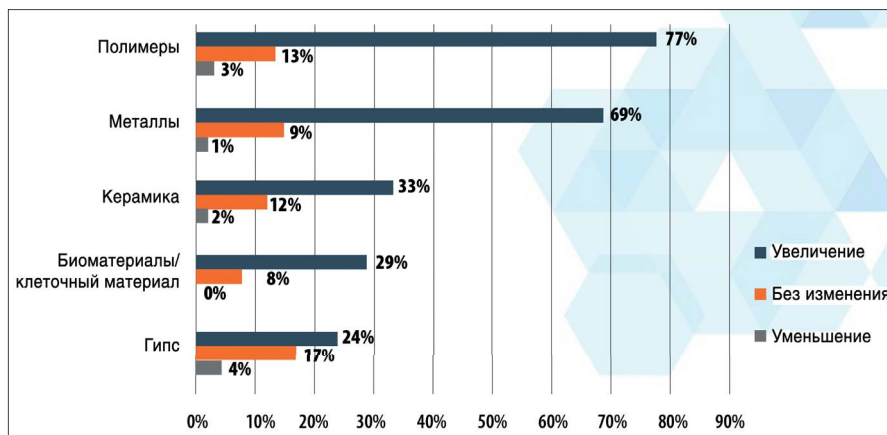


Рис. 15. Прогноз по использованию АМ-технологий (SME, США)

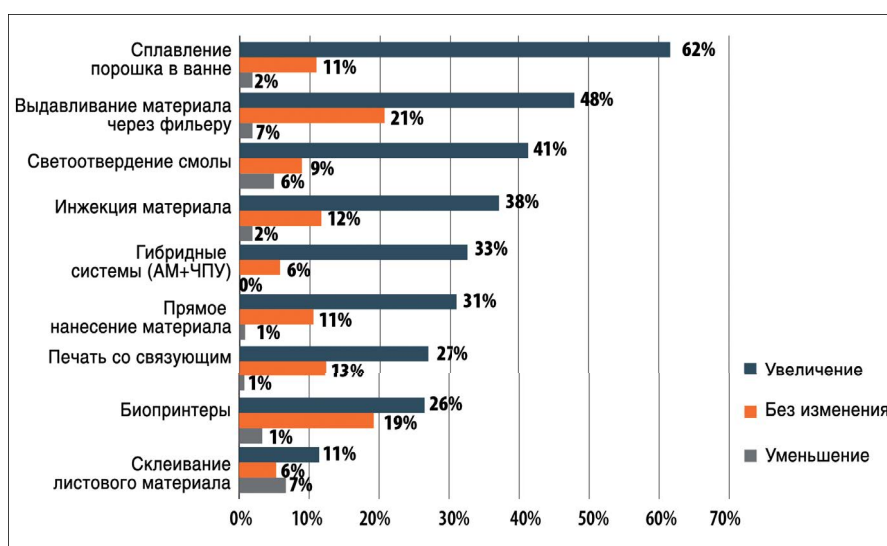


Рис. 16. Прогноз по областям применения АМ (SME, США)



ные материалы: «Это простое снижение цен компанией Carbon означает начало перехода мира 3D-технологий от нынешнего 10-миллиардного рынка к цифрово-

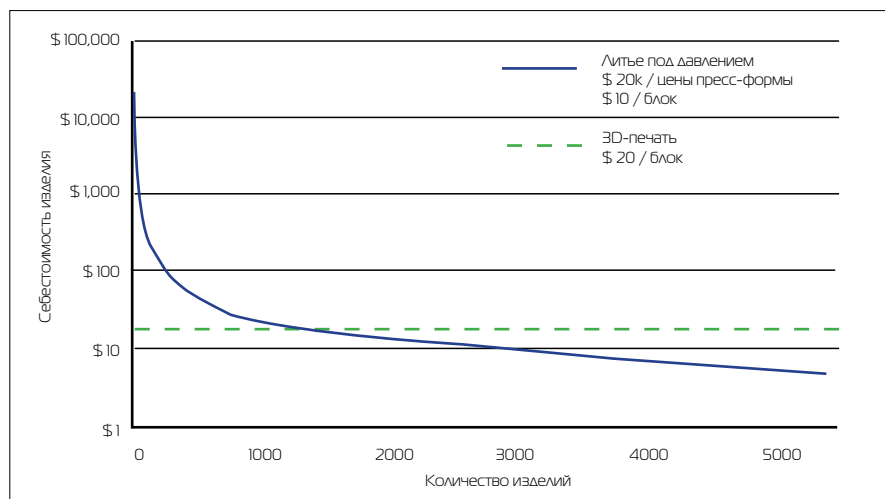
му производству в многие сотни миллиардов долларов. Сравним массовое производство изделий по классической технологии литья в пресс-формы и с помощью

АМ (рис. 17). Себестоимость литя уменьшается с увеличением объема производства, в то время как для АМ она не меняется. Долгое время цены на расходные материалы для АМ были слишком высокими и не позволяли значительно увеличивать производство. Поэтому и объем производства с помощью АМ составляет сегодня скромные \$10 млрд».

Заключение

Цифровое производство — АМ — сегодня является доминирующим по сравнению с традиционной технологией на основе ЧПУ. Пока АМ достаточно дорого для стоматологии, но в перспективе ожидается значительное снижение стоимости оборудования и материалов, в основном из-за окончания сроков действия патентов на АМ-технологии.

Рис. 17. Сравнение себестоимости детали по технологии литя в пресс-формы и АМ



Сплав CoCr наиболее подходит для изготовления зубных протезов по технологии АМ в силу своих уникальных свойств: высокая стоимость, хорошие механические свойства. Из-за высокой твердости и низкой вязкости

сплав не используется для литя или ЧПУ-обработки.

Минимальные отходы АМ и пассивный характер АМ снимают многие проблемы, связанные с постобработкой напечатанных изделий. ■

Литература

- www.dentsplysirona.com
- www.sme.org/globalassets/sme.org/media/white-papers-and-reports/2018-sme-medical-am3dp-annual-report.pdf
- www.materialise.com/en/medical/mimics-inprint-formlabs
- https://formlabs.com/blog/new-formlabs-3shape-integration-to-simplify-dental-surgical-guide-workflow/
- https://www.materialise.com/en/press-releases/materialise-and-siemens-healthineers-syngovia-partner-to-bring-3d-printing-to
- www.usa.philips.com/a-w/about/news/archive/standard/news/press/2017/20171127-philips-teams-with-3d-printing-industry-leaders-3d-systems-and-stratasys.html
- Current status and applications of 3D scanning in dentistry Mohd Javaid, Abid Haleem, Lalit Kumar, «Clinical Epidemiology and Global Health», www.elsevier.com/locate/cegh
- Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. BMC Oral Health. 2017; 17:2–11.
- Kumar L, Shuaib M, Tanveer Q, Kumar V, Javaid M, Haleem A. 3 D scanner integration with product development. Int J Eng Technol. 2018; 7 (2): 220–225.
- Nedelcu RG, Persson AS. Scanning accuracy and precision in 4 intraoral scanners: an in vitro comparison based on 3-dimensional analysis. J Prosthet Dent. 2014; 112 (6): 1461–1471.
- www.tctmagazine.com/3d-printing-news/tct-talks-to-byrnes-dental-lab/
- Tian X, Gu nster J, Melcher J, et al: Process parameters analysis of direct laser sintering and post treatment of porcelain components using Taguchi's method. J Eur Cera Soc 2009; 29: 1903–1915.
- Maleksaeedi S, Eng H, Wiria FE, et al: Property enhancement of 3D-printed alumina ceramics using vacuum infiltration. J Mater Proc Tech 2014; 214: 1301–1306.
- Ebert J, Ozkol E, Zeichner A, et al: Direct inkjet printing of dental prostheses made of zirconia. J Dent Res 2009; 88: 673–676.
- Li KC: Microstructure and phase stability of three dental cobalt chromium alloys used for porcelain-fused-to-metal restorations during thermal processing. PhD Thesis, Otago, New Zealand, University of Otago, 2015.
- Choi Y-J, Koak J-Y, Heo S-J, et al: Comparison of the mechanical properties and microstructures of fractured surface for Co-Cr alloy fabricated by conventional cast, 3-D printing laser-sintered and CAD/CAM milled techniques. J Kor Acad Pros 2014; 52:67.
- Jardini AL, Larosa MA, de Carvalho Zavaglia CA, et al: Customised titanium implant fabricated in additive manufacturing for craniomaxillofacial surgery. Virt Phys Protot 2014; 9: 115–125.
- Habibovic P, Gbureck U, Doillon CJ, et al: Osteoconduction and osteoinduction of low-temperature 3D printed bioceramic implants. Biomaterials 2008; 29: 944-953.
- Tamac E, Toksavul S, Toman M: Clinical marginal and internal adaptation of CAD/CAM milling, laser sintering, and cast metal ceramic crowns. J Prosthet Dent 2014; 112: 909–913.
- AbduoJ, LyonK, BennaniV, et al: Fitofscrew-retained-fixed implant frameworks fabricated by different methods: a systematic review. Int J Prosthodont 2011; 24: 207–220.



С 2015 ГОДА ВЫСТАВКИ «НЕВА»
ПРОВОДЯТСЯ ПО РАСПОРЯЖЕНИЮ
ПРАВИТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
№ 1910-Р ОТ 21 ОКТЯБРЯ 2013 ГОДА

ВЫСТАВКИ «НЕВА»
ОСНОВАНЫ В 1990 ГОДУ
ПО РЕШЕНИЮ МИНМОРФЛОТА
И МИНСУДПРОМА СОЮЗА ССР



НЕВА 2019

РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, 17-20 СЕНТЯБРЯ



**15-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО СУДОСТРОЕНИЮ, СУДОХОДСТВУ, ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ПОРТОВ И ОСВОЕНИЮ ОКЕАНА И ШЕЛЬФА**

КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР ЭКСПОФОРУМ,
ПАВИЛЬОНЫ F, G • ПЕТЕРБУРГСКОЕ ШОССЕ, 64/1



(812) 321-26-76, (812) 321-28-17

WWW.NEVAINTER.COM • INFO@NEVAINTER.COM

ОРГАНИЗАТОР



МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ARMY

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ФОРУМ «АРМИЯ-2019»**

**25–30 ИЮНЯ
ПАТРИОТ ЭКСПО**

WWW.RUSARMYEXPO.RU

ВЫСТАВОЧНЫЙ ОПЕРАТОР



МКВ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ КОНГРЕССЫ И ВЫСТАВКИ

rosmould

Международная выставка форм, пресс-форм, штампов, оборудования и технологий для производства изделий

18–20 июня 2019

МВЦ «Крокус Экспо», Москва

**От идеи
до готового изделия**



Формы, пресс-формы и штампы



Аддитивные технологии



Сырье и материалы



Оборудование и оснастка



www.rosmould.ru



messe frankfurt

mesago

Messe Frankfurt Group

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВОЕННО- МОРСКОЙ САЛОН



INTERNATIONAL MARITIME DEFENCE SHOW

“Через сотрудничество – к миру и прогрессу!”

Организатор:



При участии:



Минобороны
России



ФСВТС
России



МИД
России



Администрация
Санкт-Петербурга



РОСОБОРОНЭКСПОРТ

Устроитель:



ООО
«Морской Салон»



IMDS 2019

10-14 июля

РОССИЯ

Санкт-Петербург

- ЭКСПОЗИЦИЯ ОБРАЗЦОВ ПРОДУКЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ
- ДЕМОНСТРАЦИЯ ВООРУЖЕНИЯ И ТЕХНИКИ
- КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ, КРУГЛЫЕ СТОЛЫ, ПРЕЗЕНТАЦИИ
- VIP-ПЕРЕГОВОРЫ
- ПОСЕЩЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ

www.navalshow.ru

РИТМ

МАШИНОСТРОЕНИЯ

www.ritm-magazine.ru
ritm@gardesmash.com



ritmmagazine



rhythm_of_machinery