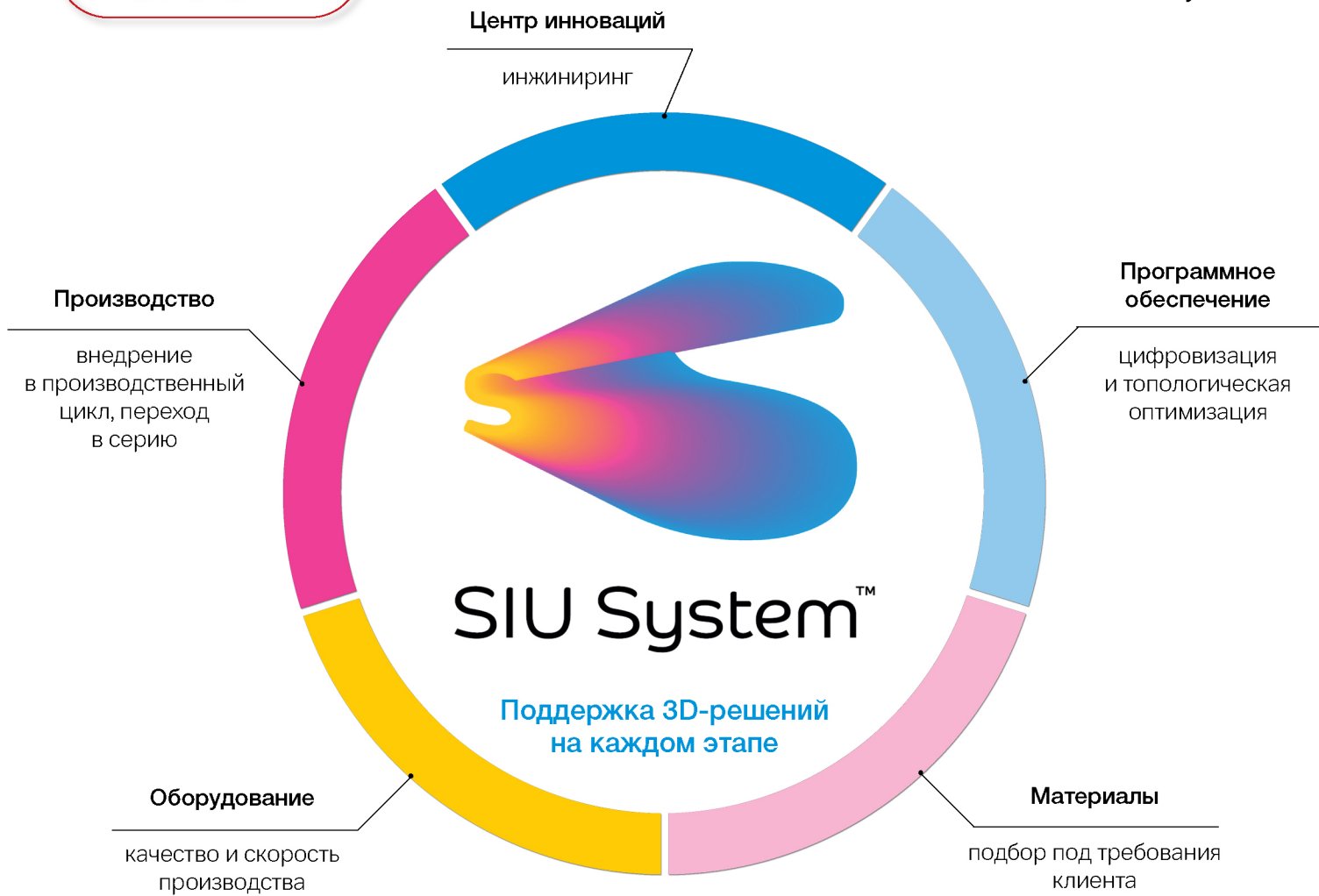
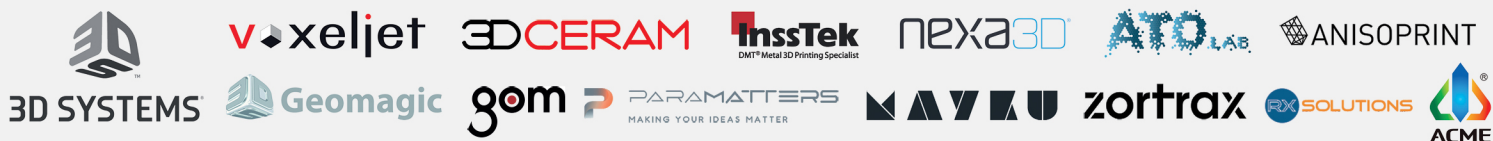


SIU System — ведущий интегратор комплексных 3D-решений для государственных и частных предприятий в ключевых отраслях промышленности в России и странах СНГ.

www.siusystem.ru



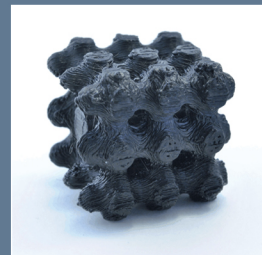
Партнёры **SIU System** по внедрению аддитивных технологий:



События и достижения
8



Сухое электрохимическое полирование для обработки изделий после 3D-печати
36



Технология многоосевой FFF-печати
40



28 - 31 ЯНВ

2020

МОСКВА

**Выставка аддитивных технологий
в промышленности 3D fab + print Russia**



в рамках выставки
«interplastica»

www.3Dfabprint.ru

000 «Мессе Дюссельдорф Москва»
119021 Россия, Москва
ул. Тимура Фрунзе, д. 3, стр. 1
Тел.: +7 495 955 91 99

messe-duesseldorf.ru



Messe
Düsseldorf
Moscow



Издатель ООО «ПРОМЕДИА»
директор О. Фаина
главный редактор М. Копытина

отдел редакции: Т. Карпова, Э. Саская
С. Куликова, Е. Ерошкина

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

отдел рекламы: т/ф (499) 55-9999-8

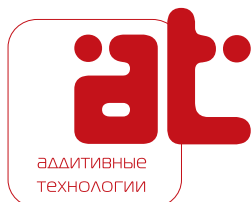
СОДЕРЖАНИЕ

- 5 3D-принтер с двумя экструдерами Magnum Creative 2 SW
- 8 События и достижения
- 14 Аддитивные технологии в кинематографе
- 15 Группа Rosler расширяет свои возможности
- 16 Технологический симпозиум для российских заказчиков
- 22 Ситовой анализ и измельчение металлических порошков и изделий
- 26 Технология 3D-печати песчаных форм китайской компании FHZL
- 30 Доступная печать восковых форм для литья
- 34 «Это можно сделать легко и дешево», — убеждали себя, смотря на китайские принтеры «домашнего» назначения. Мы ещё никогда так сильно не ошибались...
- 36 Сухое электрохимическое полирование для обработки изделий после 3D-печати
- 39 Фотополимерная печать в цифровой стоматологии
- 40 Технология многоосевой FFF-печати

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

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

Тираж 5000 экз.
Распространяется на выставках и по подписке. Перепечатка опубликованных материалов разрешается только при согласовании с редакцией. Все права защищены ®.
Редакция не несет ответственности за достоверность информации в рекламных материалах и оставляет за собой право на редакторскую правку текстов. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.



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. 36с
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, Э, т/ф (499) 55-9999-8 (многоканальный),

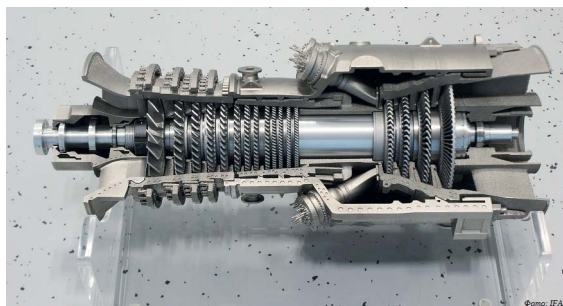
e-mail: info@additiv-tech.ru, www.additiv-tech.ru

3D-газовая турбина

Институт технологии производства и прикладных исследований материалов Фраунгофера (IFAM) представил напечатанную масштабную рабочую металлическую модель газовой турбины.

Изделие воспроизводит газовую турбину Siemens SGT6-8000H в масштабе 1:25 с некоторыми конструктивными изменениями. Все детали, за исключением вала, изготовлены на промышленных 3D-принтерах. Главное отличие в том, что сборка состоит всего из 68 алюминиевых, стальных и титановых деталей вместо почти трех тысяч деталей в оригинальном изделии. Еще одно отличие в некоторых несоответствиях по использованным сплавам, что объясняется необходимостью выбора из коммерчески доступных вариантов.

Стальные детали и статор из титанового сплава Ti-6Al-4V изготовлены дрезенским Инновационным центром аддитивного производства (ICAM) на элек-



тронно-лучевых 3D-принтерах Arcam Q20+. Остальные компоненты напечатаны на лазерных порошковых 3D-принтерах партнером проекта — компанией H+E Produktentwicklung GmbH. Оптимизацией конструкции занимались непосредственно в IFAM.

Перед 3D-печатью конструкцию деталей модифицировали с тем, чтобы их можно было не просто напечатать, но и сделать это с минимальными затратами на постобработку. Команда утверждает, что, несмотря на масштаб и внесенные изменения, турбина функциональна — это было главным условием эксперимента.

<https://3dtoday.ru/>

Вертолет из принтера

Внутренний корпус двигателя российского вертолета ВК-2500, полностью созданный методом послойного лазерного сплавления из титанового сплава, был представлен на стенде Министерства науки и высшего образования РФ на форуме «Открытые инновации» в Сколково. Разработчики: НИТУ «МИСиС» и Санкт-Петербургский государственный морской технический университет (СПбГМТУ).

Применение метода послойного лазерного сплавления в сочетании с оптимизацией режимов 3D-принтера кардинально снизило объем последующей механической обработки корпуса двигателя (шлифовки, обтачки, протравки и т.д.), соответственно

сократились сроки изготовления — до 14 дней. Это дает возможность снизить производственную себестоимость узла, обеспечивая тем самым общую конкурентоспособность отечественного авиадвигателя.

<https://misis.ru/>

Три мировых рекорда

Сразу три мировых рекорда установили специалисты Центра передовых структур и композитов университета штата Мэн. Используя самый большой в мире полимерный 3D-принтер с рабочей зоной 30×7×3 м, они изготовили самую большую в мире «напечатанную» лодку, которая к тому же стала самым большим в мире твердым объектом, созданным по этой технологии. Вышеупомянутые рекорды занесены в Книгу рекордов Гиннеса.

После того как лодка 3Dirigo длиной 7,62 м и весом 2268 кг была готова, ее торжественно спустили в опытный бассейн океанографической лаборатории Alford W2 Ocean Engineering университета.



www.techcult.ru

ГОТОВЫ К СЕРИЙНОМУ ПРОИЗВОДСТВУ

Впервые в России на 3D-принтере были напечатаны гребные винты для винторулевых колонок модели ДРК 150. Это сделали в Санкт-Петербургском государственном морском техническом университете (СПбГМТУ) методом прямого лазерного выращивания. Такой способ серийного производства будет реализован уже в следующем году на заводе «Вега».



Благодаря новой производственной технологии винт удалось облегчить сразу на 25%. При этом проч-

ность осталась на том же уровне, что и у более тяжелых винтов, выпускаемых с помощью классического литья. Так, образцы, напечатанные на 3D-принтере, весят 120 кг, а те, что были отлиты, — 160 кг. Благодаря облегчению конструкции снижается нагрузка на вал и подшипники и возрастает срок службы винта.

При этом было сокращено время печати изделия. Раньше на это уходило 2 недели, а теперь всего 4 дня! Печать может осуществляться с помощью разных материалов, включая сталь, никелевые сплавы, сплавы на основе титана, а также на основе меди. Кроме этого, благодаря новому 3D-принтеру цена печати стала в разы меньше. Уже сейчас цена готовой напечатанной детали практически совпадает с ценой литья. При этом разработчики прогнозируют, что она будет снижаться по мере того, как будет расти объем использования российских металлических порошков.

При этом отечественный 3D-принтер может напечатать детали размером до 1,2 метра в диаметре, а их масса может составлять до полутонны. Сейчас идет разработка большего 3D-принтера, который позволит печатать изделия размером до 2,5 метров и массой до 1 тонны.

<http://tehnoomsk.ru/>



<http://www.laseroptics.ru>
conference2020@laseroptics.ru

19th International Conference Laser Optics ICLO 2020

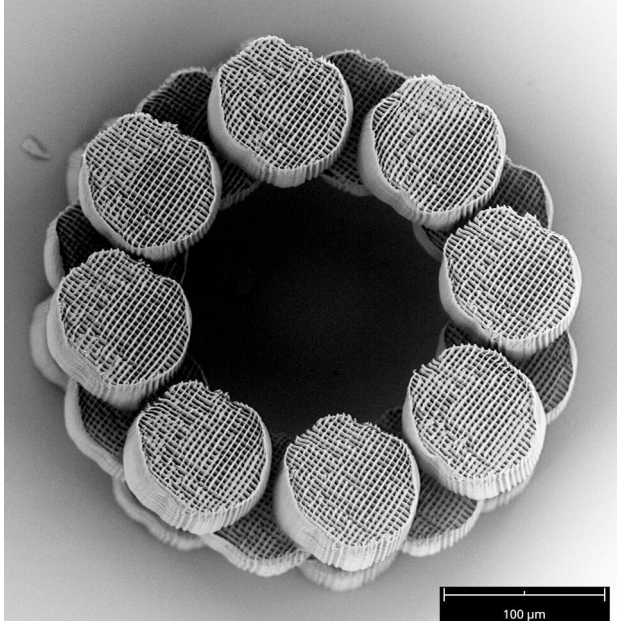
8-12 June 2020, St. Petersburg, Russia

Solid State Lasers
Semiconductor Lasers, Materials and Applications
Lasers and Systems for Imaging, Green Photonics and Sustainability
High-Power Lasers
Free Electron Lasers
Super-Intense Light Fields
Optical Nanomaterials
Quantum Optics
Nonlinear Photonics
Laser Beam Control
Lasers in Medicine and Biophotonics

Exhibition

Paper Submission Deadline January 16, 2020

English will be the official language of the Conference



Ученые создали устройство, позволяющее печатать наноразмерные структуры в 1000 раз быстрее современных методов литографии. Статья об этом была опубликована в журнале Science.

Существующие наноразмерные технологии аддитивного производства используют пятно света высокой интенсивности — обычно около 700–800 нм в диаметре — для преобразования фотополимеров из жидкого состояния в твердое. Поскольку точка должна сканировать всю поверхность, для получения сложных трехмерных структур может потребоваться много часов. «Вместо того чтобы использовать одну

В 1000 раз быстрее

точку света, мы проецируем миллион одновременно, — отмечает ведущий автор работы, доцент Технологического института Джорджии Сураб Саха. — Это позволяет нам синтезировать структуры минимум в тысячу раз быстрее».

Чтобы создать миллион точек, исследователи использовали цифровую маску, аналогичную тем, которые применяются в проекторах. Излучение 35-фемтосекундного лазера через маску создает желаемый рисунок и вызывает избирательную полимеризацию в жидком материале. Процесс повторяется множество раз для послойного построения. Такой новый метод позволяет создать наноструктуру за восемь минут, тогда как изготовление ее традиционным способом заняло бы не меньше двух часов.

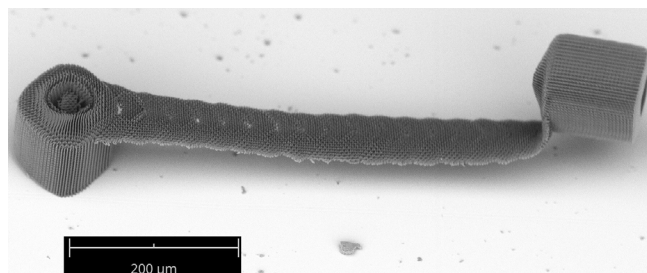
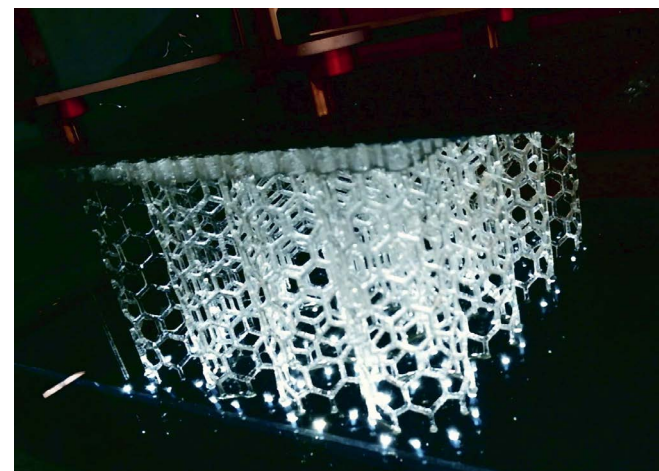


Фото: Vu Nguyen and Sourabh Saha

<https://indicator.ru/>

Инженеры Северо-Западного университета в Иллинойсе представили самый быстрый в мире 3D-принтер. Машина под названием HARP использует улучшенную версию технологии стереолитографии



и является рекордсменом по части изготовления больших объектов. Камера для печати HARP имеет площадь около четверти квадратного метра и высоту около 4 метров. Скорость печати в высоту составляет около полуметра в час и является рекордной.

Стереолитография начала активно применяться в 3D-печати около четырех лет назад, но у этой технологии имелся ряд недостатков. В частности, перегрев, который при быстрой печати приводил к растрескиванию или деформации крупных объектов. Ученым удалось усовершенствовать технологию при помощи вещества под названием Liquid Teflon («жидкий тефлон»). HARP проецирует ультрафиолетовое излучение через окошко, сквозь которое циркулирует жидкий тефлон. Он поглощает тепло и охлаждается в специальном отсеке. По словам разработчиков, это позволяет увеличить скорость печати почти в сто раз.

Самый быстрый

www.techcult.ru

3D-принтер с двумя экструдерами Magnum Creative 2 SW

Печать сложных моделей с растворимой поддержкой — легко!

С выпуском модели SW компанией Магнум печать двумя соплами стала как никогда простой. Если раньше можно было столкнуться с проблемой вытекания пластика или задевания неактивного сопла за модель, то теперь эти проблемы полностью решены.

В 3D-принтерах серии SW неактивное сопло приподнимается и запирается, предотвращая вытекание пластика и задевание за модель. В конструкции использована запатентованная технология смены сопла, которая гарантирует надежное запираение активного сопла с высокой точностью, что положительно сказывается на качестве печати. Время переключения сопел занимает не более 0,5 секунды.

Новая головка уверенно работает с гибкими материалами, такими как Flex, а также поддерживает работу с воском WAX3D от компании Filamentarno!

Для удобства использования 3D-принтера добавлена полуавтоматическая калибровка высоты и расстояние между соплами. Это значительно упрощает и экономит время настройки 3D-принтера.

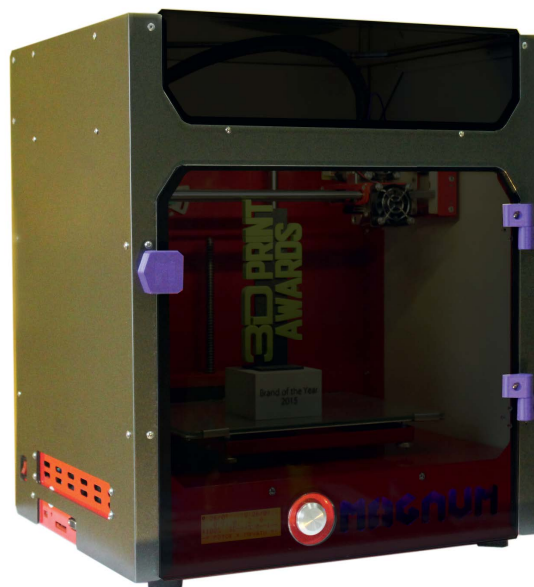
С принтером поставляются детально настроенные профили для программ RepetierHost и Cura, а также готовые профили для слайсеров Simlify3D и Slic3R.

Новая модель унаследовала легендарную надежность и простоту работы с принтерами Magnum. Обновленная программа управления и внутреннее про-

граммное обеспечение принтера улучшает скорость и качество печати.

3D-принтер Magnum Creative 2 SW поддерживает работу с приставками «Лазер» и «Паста», расширяя возможности для творчества.

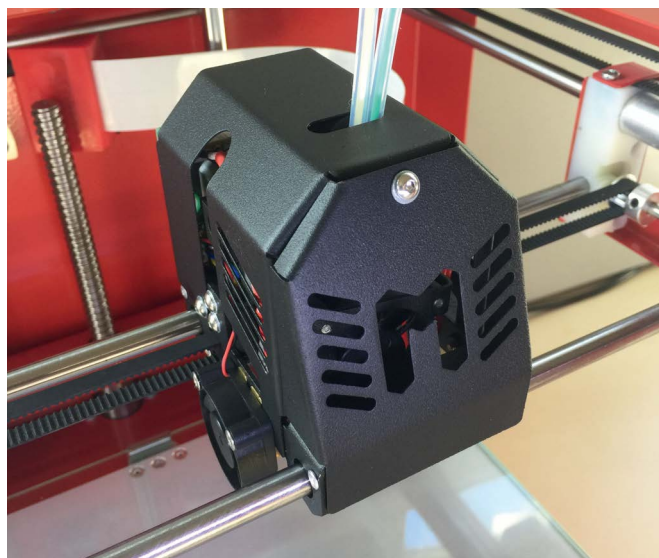
Принтер поставляется как в закрытом, так и в открытом корпусе



Характеристики Magnum Creative 2 SW

- Размер области построения модели **235 мм × 170 мм × 180 мм**
- Минимальная высота слоя **0,01 мм (10 микрон)**
- Технология печати **FDM — послойное наплавление пластика**
- Тип пластика для печати **ABS, PLA, PETG, FLEX, WAX3D, SBS Нейлон-6 и другие**
- Пластик для поддержек **PVA, HIPS**
- Максимальная температура экструдера **285°C**
- Максимальная температура стола **125°C**

Познакомиться подробнее с 3D-принтерами Magnum можно на сайте magnum3d.ru, где вы найдете фото и видео печати, а также в шоуруме компании или у официальных дилеров. ■



Веб-сайт: magnum3d.ru
Instagram: [#magnum3d](https://www.instagram.com/magnum3d)
8 (800) 555-98-38
E-mail: order@magnum3d.ru

Аддитивные технологии для медицины: мировой и российский опыт

2 декабря 2019 г. в рамках международного научно-практического форума «Российская неделя здравоохранения» состоится конференция «Аддитивные технологии для медицины: мировой и российский опыт», где ведущие зарубежные и российские специалисты расскажут о последних мировых достижениях в данной области.

Будут затронуты темы:

- 3D-печать металлом — производство индивидуальных и серийных имплантов, коронок, мостов, шаблонов для зубопротезирования;
- 3D-печать медицинскими пластиками — производство индивидуальных ортезов, лангеток и др. изделий для послеоперационной реабилитации и лечения;
- 3D-печать индустриальными пластиками для мелкосерийного и индивидуального производства медицинских протезов, инвалидных колясок и др.;
- 3D-печать пластиками для предоперационной подготовки — печать макетов частей тела человека для планирования проведения операции, которое позволяет сократить время операции, сделать ее с помощью малоинвазивных технологий, а также сократить реабилитационный период;
- изготовление индивидуальных медицинских инструментов;

• 3D-печать живых тканей, необходимых для регенерации тканей человека при их утрате вследствие болезни или травмы;

- печать персональных лекарств (таблеток) с индивидуальным количеством лекарственного средства;
- печать человеческих органов;
- генеративный дизайн;
- финишная обработка 3D-деталей;
- 3D-технологии недалекого будущего.

Участники конференции смогут ознакомиться с реальными изделиями, изготовленными с помощью 3D-печати и представленными в холле конференции, а также пообщаться с представителями компаний — участников конференции на все интересующие темы, связанные с 3D-технологиями для нужд медицины.

Информационными партнерами конференции являются: журнал «Аддитивные технологии», интернет-порталы по 3D-технологиям «Пuls 3D», 3D today. Активное участие в организации конференции принимает компания Z-axis.

Конференция состоится на презентационной площадке павильона «Форум». Вход на выставку по предварительной регистрации на сайте

www.zdravo-expo.ru

РОССИЙСКАЯ НЕДЕЛЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
RUSSIAN HEALTH CARE WEEK™
* Входит в ежегодный список мероприятий Министерства здравоохранения РФ
On the annual list of events supported by the Russian Ministry of Health Care

2–6 декабря 2019

За здоровую жизнь
X Международный форум по профилактике неинфекционных заболеваний и формированию здорового образа жизни

Здравоохранение
29-я международная выставка «Медицинская техника, изделия медицинского назначения и расходные материалы»

Здоровый образ жизни
13-я международная выставка «Средства реабилитации и профилактики, эстетическая медицина, фармацевтика и товары для здорового образа жизни»

2–5 декабря 2019

MedTravelExpo.
Санатории. Курорты. Медицинские центры
3-я международная выставка медицинских и оздоровительных услуг, технологий оздоровления и лечения в России и за рубежом

Россия, Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

Организаторы:
– Государственная Дума ФС РФ
– Министерство здравоохранения РФ
– АО «ЭКСПОЦЕНТР»

При поддержке:
– Совета Федерации ФС РФ
– Министерства промышленности и торговли РФ
– Российской академии наук
– ТПП РФ
– Федерального агентства по туризму (Ростуризм)

60* ЭКСПОЦЕНТР
www.zdravo-expo.ru

12+ Реклама

Компания SIU System (АО «НПО СИСТЕМ») была основана в 2008 году, за 11 лет стала ведущим экспертом на рынке аддитивных технологий. Компания имеет большой опыт поставок и обслуживания оборудования, создания аддитивных центров, проведения НИОКР, аддитивного инжиниринга и консалтинга, а также реализации уникальных проектов на базе собственного аддитивного центра в Москве. Клиентами компании являются крупные корпорации, торгово-промышленные компании, ведущие ВУЗы России и СНГ.

SIU System обладает обширными практическими навыками для распространения и внедрения на производстве технологий 3D-сканирования, реверс-инжиниринга, компьютерной промышленной томографии, атомизации (создание порошков) и других решений в сфере аддитивных технологий. Являясь инжиниринговой компанией, SIU System тесно сотрудничает с партнерами-производителями и ведущими производственными и исследовательскими предприятиями в России, странах Западной и Восточной Европы, Юго-Восточной Азии, Китае и США.

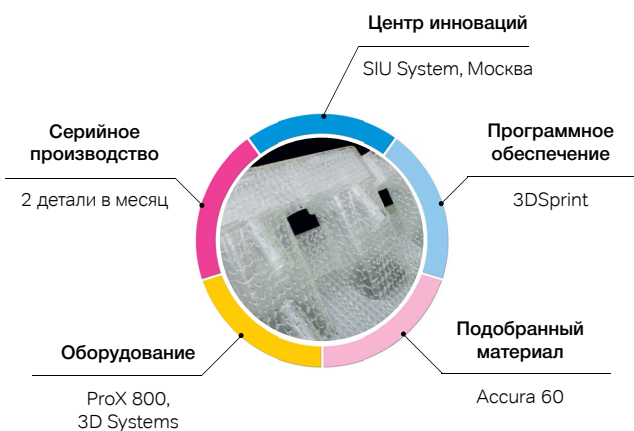
Примеры решений

Втулки промежуточного корпуса

3D-печать из выжигаемого полимера частей промежуточного корпуса втулки. В дальнейшем изготавливается из титана.

Основные требования к заготовкам:

- Точность в пределах 250 мкм по большей стороне.
- Гладкая и жесткая поверхность.



Габариты камеры печати ProX 800 (650×750×550 мм) позволяют печатать 1/4 цельной втулки, а специальный режим QuickCast (сотовая внутренняя структура) из материала Accura 60 идеально подходит для печати выжигаемых моделей.

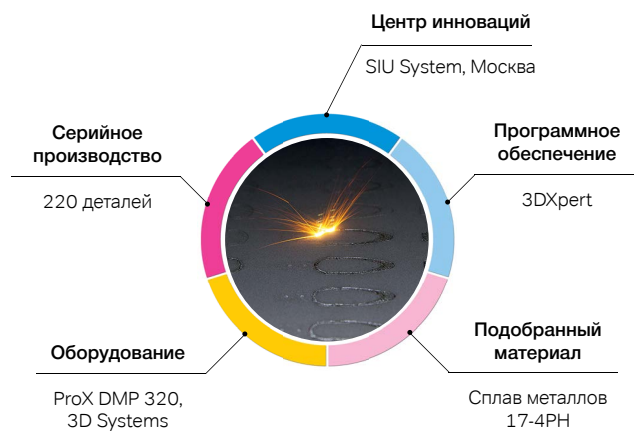
Традиционным способом изготовление занимает от 10 до 12 месяцев. С использованием 3D-печати время сокращается до 14 рабочих дней.

Форсунка для газовой горелки

Печать из металлического сплава трёх составных частей газовой горелки. Функциональная модель, в дальнейшем используемая в оборудовании.

Основные требования к деталям:

- Уменьшение количества составных частей.
- Увеличение срока службы функциональных деталей.



Исходя из поставленных требований и имея модель форсунки, была произведена топологическая оптимизация геометрии модели под возможности 3D-печати и исполнены поставленные задачи.

Сократилось количество составных частей с 8 до 3. Срок службы увеличен за счёт изменения геометрии. Сократился срок изготовления деталей.

Партнёры SIU System по внедрению аддитивных технологий:



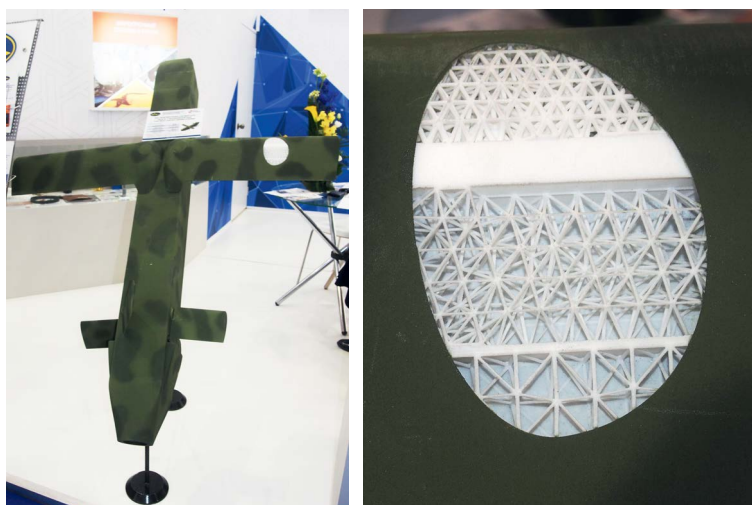
Через выставки и конференции показаны новые этапы развития и внедрения аддитивных технологий в различных отраслях, эффективные решения актуальных задач и появление новых возможностей. В данном обзоре представлены впечатления о некоторых событиях, в которых участвовал журнал «Аддитивные технологии».

В рамках авиасалона



Авиастроение — одна из отраслей, где аддитивные технологии не только интересны в перспективе, но и уже реально используются. Поэтому авиасалон «МАКС» — площадку для показа новинок авиастроения и праздник-шоу для всех любителей авиации — можно рассматривать и как место, демонстрирующее уровень внедрения аддитивных технологий в реальном секторе экономики нашей страны. И надо сказать, что этот уровень возрастает вместе со сложностью поставленных целей и изготавливаемых изделий.

Рис. 1. Беспилотный летательный аппарат с ячеистой конструкцией крыла, напечатанный по технологии SLS, ВИАМ



Так, на стенде ВИАМ впервые были представлены макеты экспериментальных реактивных беспилотников, выполненных с помощью 3D-печати. На рис. 1 видно, что аппарат МГТД-10, созданный из полиамида, имеет ячеистую конструкцию крыла, причем адаптивную, когда толщина элементов меняется согласно проведенному прочностному расчету. В макете МГТД-20 для покрытия также применены композит и эпоксидные связующие, разработанные в институте, что позволяет увеличить нагрузку на изделие. Преимуществами такой технологии изготовления является упрощенная и удешевленная сборка планера без сложных дорогостоящих ступеней, а также снижение массы изделия на 20% относительно металлокомпозитного аналога. Беспилотники будут оснащены малыми газотурбинными двигателями, выполненными на 3D-принтере.

Среди напечатанных изделий на стенде ВИАМ, кроме того, были представлены: макет двухконтурного двигателя, дефлектор и завихритель перспективного двигателя ПД-35, камера сгорания и центробежное колесо компрессора двигателя МГТД-10, сопловой аппарат (рис. 2) и др. В экспозиции Самарского университета также были показаны узлы и детали авиационных газотурбинных двигателей, полученные с помощью 3D-печати, в т.ч. горелка камеры сгорания (рис. 3), корпус горелочного устройства, подставка турбины высокого давления, сопловой аппарат 1 и 2 ступеней. А на стенде ЦИАМ среди множества напечатанных лопаток выделялась модель полового диска турбины, изготовленная из никелевого сплава.

Рис. 2. Сопловой аппарат, ВИАМ



Рис. 3. Горелка камеры сгорания, изготовленная методом SLS, Самарский университет

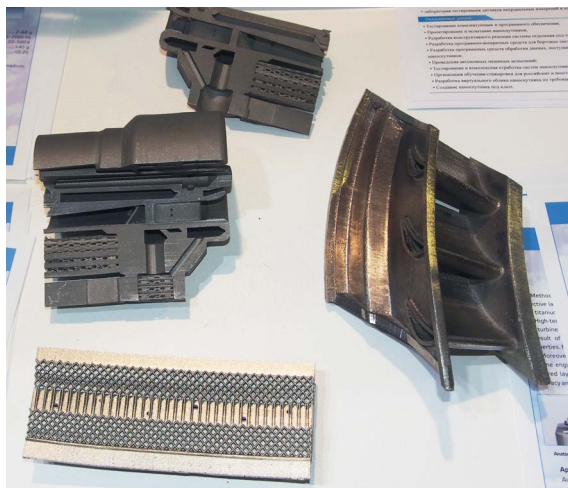
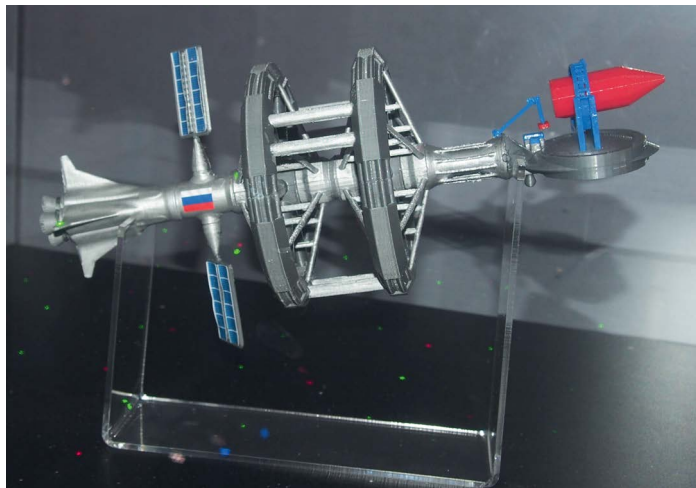


Рис. 4. Макет изготовления ракеты-носителя в дальнем космосе, ФГУП «Техномаш»



Компания «ФИТНИК» на авиасалоне продемонстрировала оптимизированный и выращенный концепт-макет рамы для беспилотного автожира разработки ООО «НИК». В зависимости от задач данная конструкция может быть изготовлена из алюминия, новых композитов и пластиков. Аддитивные технологии применялись и при изготовлении фрагмента носовой части макета сверхзвукового делового самолета, представленного ЦАГИ и являющегося одним из самых интересных экспонатов выставки. Напечатанные детали можно было увидеть на стендах АО «Композит», Пермского политехнического университета, компании SLM Solutions, АО «ММП имени В. В. Чернышева» и др.

На стенде же ФГУП «Техномаш» представили перспективы развития 3D-печати в ближнем и дальнем космосе, когда не требуется выносить изделие на орбиту в сложном состоянии, а станок позволяет напечатать его на месте. В качестве примеров были приведены макеты строительства лунной базы из местных материалов, изготовления солнечной батареи, космического корабля или ракеты-носителя в дальнем космосе (рис. 4). Причем в космосе изделия возможно напечатать в любой конфигурации и структуре.

Интересно, что на коллективном стенде волгоградских предприятий показали оборудование сразу двух компаний, производящих 3D-принтеры. Принтер 3D Life Thermo компании 3D Life Lab (ООО «Волтехно») предназначен для работы с тугоплавкими конструкционными термопластами, такими как полиэфирэфиркетон, полиэфиримид и полифенилсульфон. Работа с такими суперполимерами позволяет компаниям аэрокосмической отрасли приблизиться к замене металла. В принтере используется отечественное программное обеспечение TRIANGULATICA. Компания же Stereotech продемонстрировала две настольные FDM-системы — STE 320 и пятикоор-

динатную STE 520 с инновационной технологией 5Dtech. Технология печати 5Dtech позволяет производить изделия любой формы, причем дополнительные оси дают возможность укладывать материал внахлест, что повышает прочность изделий на разрыв.

С порошками «Полемы» можно было ознакомиться как на стенде компании, так и во время специализированного форума, где в т. ч. была представлена обновленная линейка жаропрочных сплавов компании для покрытий и 3D-печати.

Проведение форума «Внедрение аддитивных технологий в авиационной промышленности России», организованного компанией «ФИТНИК» в рамках авиасалона, также подтверждает актуальность темы аддитивных технологий для промышленности. В форуме приняли участие представители администраций правительства Московской области и города Жуковский, «Ростех», ОАК, ЦАГИ, ОДК, НИК, РУСАЛ, РУСАТОМ, ВИАМ, «Вертолеты России», ФАЛТ-МФТИ, Самарский университет, Dassault Systems, MSC и др. В нем также активно участвовали руководители немецкой компании FIT. Основанная Карлом Фрутом в 1995 году как сервисное бюро быстрого прототипирования, в настоящее время компания превратилась в фабрику аддитивного дизайна и автоматизированного серийного производства. На новой фабрике в Лупбурге установлено и работает более 50 уникальных промышленных 3D-принтеров, печатающих на основе металлических и пластиковых порошков. Очень интересный опыт!

Представленные экспонаты и информационные сообщения показывают как развитие рынка аддитивных технологий в нашей стране, так и их успешное внедрение в производстве инновационной продукции, к которой предъявляются высокие требования по массогабаритным, прочностным, стоимостным и другим характеристикам.



3 дня, 6 секций, более 110 докладов и мастер-классов, 73 спикера

2–4 октября 2019 года в НИТУ «МИСиС» на территории Центра прототипирования высокой сложности «Кинетика» впервые прошла всероссийская школа-конференция с международным участием «Аддитивные технологии в цифровом производстве. Металлы, сплавы, композиты», организованная совместно с Российским научным фондом в рамках мегагранта на разработку основ проектирования алюмоматричных композитов и их производства аддитивными лазерными методами для промышленного применения в космосе и авиации, проект № 19–79–30025 президентской программы исследовательских проектов.

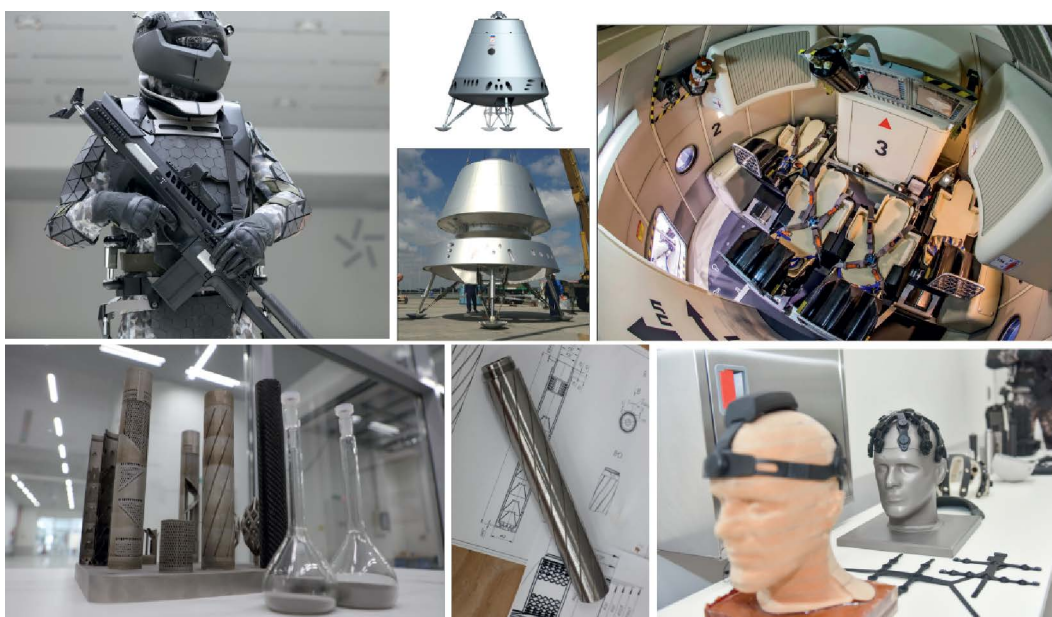
Задуманная преимущественно как образовательный форум, на деле она высоко подняла планку в демонстрации возможностей аддитивных технологий, поскольку уровень целого ряда докладов и докладчиков соответствовал мировому. Глава оргкомитета школы-конференции профессор, д.т.н. Александр Александрович Громов подчеркнул: «Наша основная и самая желаемая целевая аудитория — молодые ученые, студенты и школьники. В школе-конференции участвовали уважаемые ученые и ведущие специалисты аддитивной сферы в нашей стране и за рубежом — им есть чем поделиться, у них уже накоплен большой опыт. Синергия младшего и старшего поколения и в части научных докладов, и в части мастер-классов представляется нам самым важным. Мы планируем развивать эту площадку научно-прикладного обмена, особенно ее международную часть. Следующая школа-конференция состоится в октябре 2020 года».

Обширная программа конференции включала выступления ведущих специа-

листов из российских и зарубежных вузов и компаний: НИТУ «МИСиС», Технического университета Дармштадта (Германия), Калифорнийского технологического университета Caltech (США), Сколковского института науки и технологий (СКОЛТЕХ), Санкт-Петербургского государственного морского технического университета, МАИ, Юргинского политехнического университета, МГТУ им. Н.Э. Баумана, МГТУ «Станкин», МИФИ, Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, ОК «РУСАЛ», SIU System, ОА «ВИЛС», ООО «Аддитивное производство», ООО «Энергоавангард», 3D Bioprinting Solutions, ООО «Biomimetix», ООО «Роботмаш», ООО «Анизопринт», ООО «Мелитэк», Magnum3D и др.

В докладах затрагивались вопросы печати металлами, керамикой, композитами, в т.ч. трехмерных nanoархитектурных структур и магнитных материалов (видео: https://vk.com/video-62258607_456239988). Впечатляющие данные были представлены по теме биопринтинга. Так, в докладе Юсефа Хесуани из компании 3D Bioprinting Solutions были показаны

Проекты ЦПВС «Кинетика» НИТУ «МИСиС»



не только существующие способы, этапы для печати живых тканей, материалы, оборудование и дорожная карта 3D-биопринтинга, но и опыт зарубежных коллег и результаты биопечати в космосе. В свою очередь, представитель НИТУ «МИСиС» Федор Сенатов привел интересные примеры проведения остеопластики в ветеринарии.

Специальная программа в рамках конференции предлагалась для молодых ученых, студентов и школьников, в которой своим уникальным международным опытом поделился директор ЦПВС «Кинетика», известный промышленный дизайнер Владимир Пирожков. Также с лекцией «Космическая одиссея робота FEDOR, или Skybot F-850. Перспективы развития российской робототехники на земле» выступил один из создателей Skybot F-850, президент Alpha Robotics Venture Foundation Владимир Белый (видео: https://vk.com/video-62258607_456239983).

Проводились мастер-классы по аддитивной печати металлом и компьютерному моделированию. Свои выставочные экспозиции представили компании ООО «Роботмаш», MSC Software, Top 3D Group. Была проведена экскурсия по лабораториям НИТУ «МИСиС» и ЦПВС «Кинетика». Завершил програм-

му школы-конференции научный стендап «Science Slam Additive».

О ЦПВС «Кинетика» НИТУ «МИСиС» хочется сказать несколько отдельных слов. Это универсальная высокотехнологичная площадка и высокопрофессиональная команда, в портфолио которой входят дизайн-концепты, реализованные проекты и малые серии для гражданской и военной авиации; космоса (интерьер и экстерьер пилотируемого корабля нового поколения «Федерация»); машиностроения; военно-промышленного комплекса (боевая перспективная экипировка «Ратник-3», стрелковое оружие, включая принятый на вооружение пистолет «Удав»); бионики и биомедицины (устройство для чтения мыслей «Нейрочат» — коммуникационная сеть на основе интерфейса мозг—компьютер) и даже проект персонального аэромобиля с вертикальным взлетом — 3D-транспорт будущего — инновационный проект опережающего развития, который в будущем должен создать основу для доминирования страны.

В планах организаторов ежегодное проведение международной школы-конференции и, несомненно, для многих оно станет обязательным в рабочем расписании.

Сайт школы-конференции 3d.misis.ru

3D-ПРИНТИНГ: НОВОСТИ И НОВИНКИ

Выставка 3D Print Expo 2019 от Smile-Expo проходила в Москве в КВЦ «Сокольники» 4 и 5 октября. Тематическая экспозиция и обширная деловая программа в режиме нон-стоп традиционно позволили посетителям, а их было порядка 1500 человек, погрузиться в мир 3D-печати: получить информацию о новых разработках оборудования и технологий, оценить достижения в целом ряде отраслевых приложений, обсудить возникающие задачи и проблемы, попробовать свои силы в мастер-классах и практикумах.

Коротко о некоторых из них.

Компания SIU System показала новый 3D фотополимерный принтер польского производителя Zortrax Inkspire (рис. 1), работающий по технологии UV LCD (область построения 74×132×175 мм, толщина слоя — 25 мкм).

На стенде компании «Цветной мир» представили Raise3D E2 — новый FDM 3D-принтер с двумя независимыми экструдерами (рис. 2), который компания Raise3D позиционирует как пилотную систему в новом модельном ряде, разрабатываемом под конкретные сферы применения, материалы и целевые ауди-

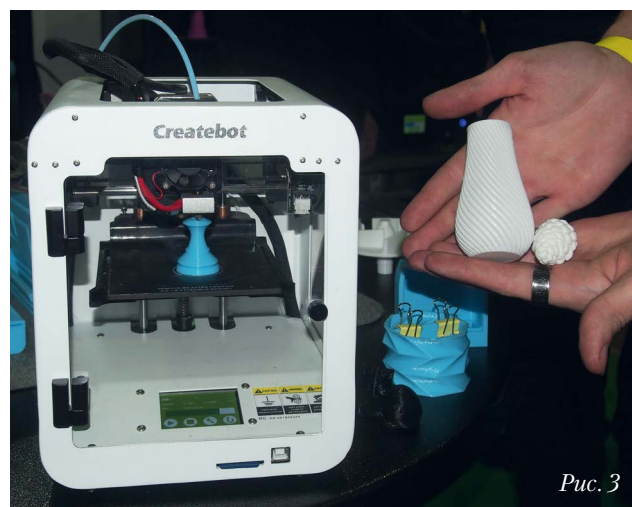




Рис. 4

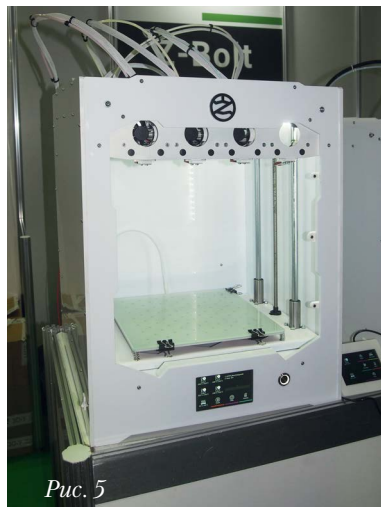


Рис. 5



Рис. 6

тории (рабочая зона: 330×240×240 мм, толщина слоя от 0,01 мм, синхронная печать).

Компания «ДатаКрипт» продемонстрировала 3D-принтер Createbot Super mini (рис. 3), заинтересованность к которому прежде всего проявляют представители учебных заведений и творческая молодежь. Его характеристики: вес 3 кг, габариты 180×180×230 мм, сенсорное управление. Как утверждают в компании: простой, надежный, компактный, дешевый.

Новая высокотемпературная установка «Ларец» — один из первых образцов диверсификации деятельности «Конструкторского бюро специального машиностроения» (АО «КБСМ») — рис. 4. Она предназначена для формирования объектов из полимерных материалов, в том числе тугоплавких, имеет просторную камеру 300×300×400 мм, скорость печати — 120 мм/с, способна работать с различными пластиками. В 2020 г. принтер планируется запустить в серию.

Z-Bolt X — FDM-принтер для мультиматериальной печати с 4 экструдерами (рис. 5) — новинка от компании Z-Bolt, позволяющая комбинировать цвета и материалы. Характеристики: рабочая зона 250×210×280 мм, автоматическая смена печатающих голов, разрешение печати 50–150 мкм (сопло 0,2 мм), 80–300 (сопло 0,4 мм), 100–400 микрон (сопло 0,6 мм).

На выставке Z-Bolt отмечена званием «Уникальный проект года» как компания, создающая устройства для 3D-печати с открытым исходным кодом.

Компания «Стереотек», так же, как и на авиасалоне «МАКС», представила 3D-принтеры STE 320 и многоосевой STE 520 с инновационной технологией 5Dtech (рис. 6). На 3D Print Expo 2019 технология была отмечена наградой «Инновационный проект года».

Новый портативный лазерный сканер FREESCAN X7 компании Shining 3D беспроводная версия (рис. 7), представленный на стенде компании «Диполь», весит меньше 1 кг, имеет точность снимка до 0,03 мм и объемную точность 0,02 мм + 0,06 мм/м.

На стенде компании Prusa Research (Чехия), официально представляемой в России ООО «Склад Ума», показывали в работе FDM 3D-принтер Original Prusa i3 MK3S, позволяющий осуществлять печать до 5 цветов в автоматическом режиме (рис. 8), а также анонсировали появление в России нового SLA принтера Original Prusa SL1. Из заявленных преимуществ новинки: точность печати — минимальная толщина слоя от 20 микрон, скорость печати — 6 секунд на слой, поддерживает смолы различных разработчиков.

Новинка Московского завода FDplast — пластик для 3D-печати PETG, который совмещает преиму-



Рис. 7

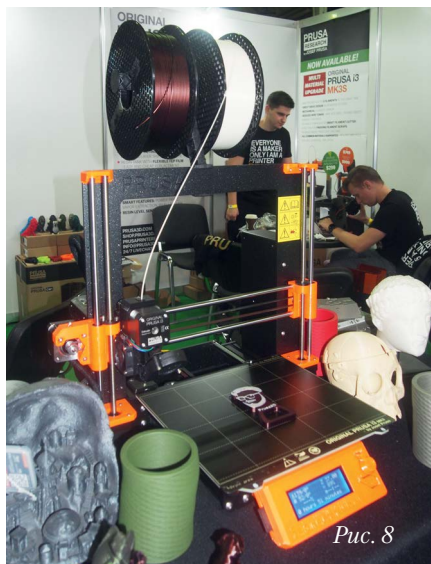


Рис. 8

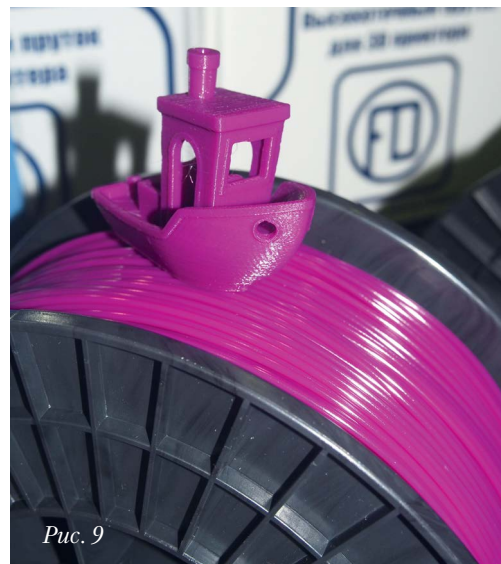


Рис. 9

щества двух пластиков: ABS и PLA. Его особенности: химическая стойкость, ударопрочность, хорошая межслойная адгезия, оптическая прозрачность цветов и глянец на поверхности, допуск к контакту с пищей.

Компания CADFEM — официальный дистрибьютор ANSYS — представляла программный продукт для аддитивного производства, который вызвал большой интерес. Решения ANSYS охватывают все этапы аддитивного производства: проектирование изделия, подготовку геометрии и создание поддержек, моделирование процесса 3D-печати и предсказание ошибок проектирования, а также исследование свойств материалов и валидацию изделия.

В выставке также приняли участие производители комплектующих для 3D-принтеров (HIWIN, «Электропласт»), популярный китайский бренд 3D-ручек JER 3D PEN, Колледж современных технологий и др.

Новейшие решения в области 3D-печати были представлены и в деловой программе. На панельных дискуссиях обсуждались темы моделирования 3D-печати и топологического проектирования, подготовки специалистов, применения аддитивных технологий в медицине, авиации, ювелирном деле и др. Ставшие традиционными мастер-классы по 3D-печати, моделированию и сканированию, рисованию 3D-ручкой, были дополнены новыми практикумами по программированию Python 3, сборке lego-наборов и робототехнике, ЧПУ-фрезерованию. Проводили практические занятия PICASO 3D & RangeVision, Roland DG, JER 3D PEN, школа программирования «Геккон», Polycyent.ru.

На «Калибре»

В Технопарке «Калибр» 10 октября прошла IV Международная конференция по аддитивным технологиям «Россия на рынке 3D-печати: собственный путь или глобальный контекст?», организованная совместно с Московским Политехом и Московской торгово-промышленной палатой. Здесь поднимались вопросы государственной поддержки высокотехнологичных компаний и внедрения аддитивных технологий на системном уровне, трансфера технологий, подготовки кадров, инновационных подходов к развитию и применению программного обеспечения. Были представлены новинки в части материалов и оборудования для 3D-печати, как российских, так и зарубежных компаний, а также успешные кейсы, позволяющие получить значительный экономический эффект или решить за счет внедрения аддитивных технологий нерешаемые ранее задачи. Выступили представители компаний: АО «Лазерные системы», АО «Центр аддитивных технологий», «Московский политех»,



ООО «ФИТНИК», ООО «ИФ АБ Универсал», ООО «Русатом – Аддитивные Технологии», ParaMatters Inc., MSC Software RUS, МАИ, ООО «Аддитивное производство», IGA Technologies, Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, Z-Axis, REC, Top 3D Group, Filamentarno, iGo3D Russia, ООО «Энергоавангард», Add Sol, i3D, ООО «Современное оборудование ГК СОЛБЕР, ООО «ЦК СПА», «ИМПРИНТА».

Конференция дополнялась выставочной экспозицией. С видеозаписью мероприятия можно ознакомиться по ссылке https://www.additive.moscow/additive_live_2019. Рекомендую!

Руководство ПАО «Калибр» считает, что проведение собственных отраслевых конференций – один из немногих, но крайне важных для развития технопарка элементов взаимодействия с резидентами.

И еще...

20 сентября 2019 года, в столичном центре высоких технологий «Технополис «Москва» состоялась очередная выставка-конференция Top 3D Expo 2019 Сентябрь, организованная компанией Top 3D Shop. В рамках выставки «Технофорум» 23 октября компанией Rena Solutions была подготовлена конференция «Передовые решения для аддитивных технологий», где представители ряда компаний поделились своими достижениями и решениями в сфере промышленного производства. А в ноябре нас ждут не менее захватывающие события: конференция «Современные технологии производства изделий из титановых сплавов и их применение в отраслях промышленности. Аддитивные и 3D технологии в машиностроении» в рамках выставки «Металл-Экспо», выставка formnext в Ганновере, участники которой в анонсах обещают множество новинок, фестиваль 3D TODAY FEST в Москве.

Активность участников и организаторов делает эти мероприятия «живыми», удобными для общения, обмена опытом, получения новых знаний. Аудитория отчасти повторяется, но докладчики и экспоненты предлагают новые темы, демонстрируют новые решения, находят новые форматы для представления информации. Присоединяйтесь! Это интересно! ■

Обзор подготовила Татьяна Карнова



Аддитивные технологии в кинематографе

Евгений Молчанов, LLC RENA SOLUTIONS

Все преимущества 3D-печати, востребованные в промышленности, медицине, образовании, стремительно открывают дверь и в кинематографе, где дают возможность создавать макеты и технические решения для съемок самых сложных эффектов. Трехмерное моделирование позволяет увидеть будущую сцену еще до ее изготовления и проработать план съемки.

В процессе создания фильма требуется изготовить огромное количество элементов, передающих зрителю атмосферу, в которой происходит действие. Отрабатываются сцены с монстрами или передаются детали исторической эпохи — везде непременно нужны физические предметы, которые являются визитной карточкой фильма. Киноиндустрия традиционно требовательна к деталям, особенно важно качество поверхностей моделей, используемых для съемки, ведь они всегда являются предметом пристального внимания. Однако важно не только передать замысел режиссера, но и не превысить бюджет фильма. Каждый, кто начинает экспериментировать с новыми технологиями и решениями, должен быть уверен, что это не потребует дополнительных затрат.

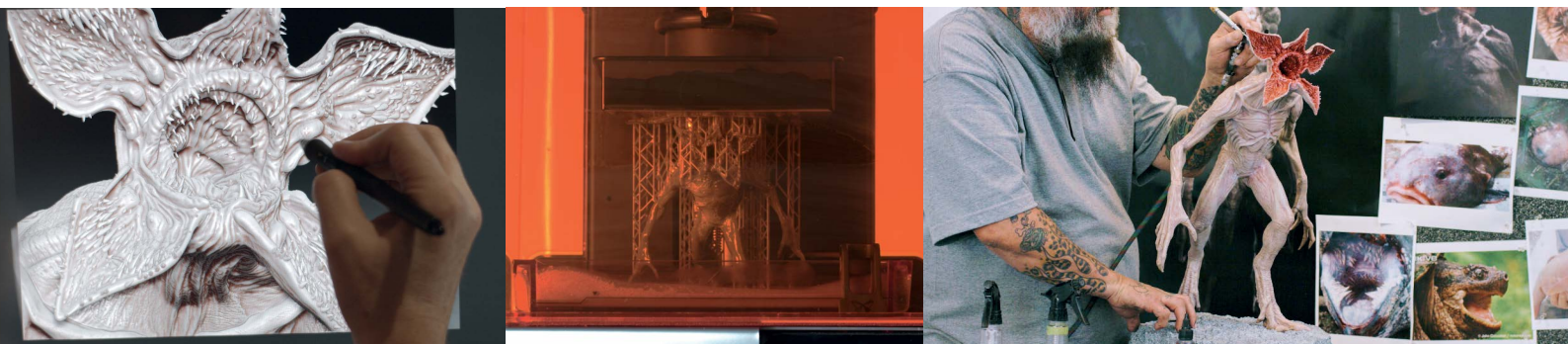
3D-печать дает возможность воплотить самые смелые задумки. Например, при съемках фильма *First Man* использовались уменьшенные модели капсулы *Apollo 11* и ракеты *Saturn V*, позволившие снимать сцены в миниатюре без сложных натуральных декораций. Они были созданы на двух 3D-принтерах *BigRep One* менее чем за шесть месяцев.

Технологические инновации для съемки сцен, использование различных программных продуктов, позволяющих визуализировать пространство, дают возможность сделать каждый фильм не только шедевром искусства, но и техническим шедевром. Аддитивные технологии позволяют обеспечить любую сцену необходимыми натурными образцами самого высокого качества в минимальные сроки, органично дополняя возможности 3D-графики. Одним из первых примеров использования 3D-печати было изготовление демогоргонов студией *Aaron Sims Creative*, которая изготовила образцы для фильма «Очень странные дела» (рис. 1). Другим применением являются анимационные мультфильмы, например «Космический пират Харлок», для которого были изготовлены модели с использованием 3D-принтера *EnvisionTEC*. Технологии 3D-печати для создания мультфильмов приобретают, возможно, даже большую актуальность, поскольку требуют большего количества декораций.

Примечательна история использования 3D-печати студией *Aaron Sims Creative* (www.aaronsimscreative.com), которая сначала выполняла работы по изготовлению макетов у партнеров, потом приобрела первый 3D-принтер и последовательно развила собственные компетенции по изготовлению макетов.

Для всех очевидно, что индустрия развлечений стала самостоятельным сегментом рынка 3D-печати, и мы увидим в ближайшие годы стремительное его развитие в новых проектах. ■

Рис. 1. Печать Демогоргона: создание цифровой 3D-модели, печать модели на 3D-принтере *Form 2*, доработка изделия. Фото: <https://formlabs.com>



Группа Rösler расширяет свои возможности

Под брендом AM Solutions группа Rösler объединяет всю деятельность, связанную с аддитивным производством. К имеющемуся ассортименту услуг по последующей обработке напечатанных на 3D-принтере деталей (подразделение AM Solutions – 3D post processing) с сентября добавились услуги по 3D-печати. Созданное специально для этого предприятие AM Solutions S.r.l. находится в Италии и предлагает широкий пакет услуг в области 3D-печати: от проектирования и создания деталей до их механической последующей обработки, финишной обработки поверхности и контроля качества.



Одним из преимуществ аддитивного способа производства, благодаря которому он находит применение во все большем количестве отраслей, является возможность производства геометрически сложных деталей, которые не могут быть получены в результате стандартного процесса или же изготавливаются с высокими затратами. В авиации, в медицинской технике, в автомобильной индустрии и производстве инструментов, а также в других областях непрерывно растет спрос на детали, напечатанные на 3D-принтере.

Автоматизированный технологический процесс

С помощью современных инструментов (например, средство моделирования Altair, ПО САПР Siemens NX и GOM 3D-Scanner Atos) и рядом ноу-хау эксперты предприятия следят за тем, чтобы свобода выбора действий и возможностей 3D-печати использовались для поставленных задач наилучшим образом. При этом не имеет значения, идет ли речь о разработке полностью новой конструкции компонентов, о редизайне существующих деталей для аддитивного производства, о контроле конструкции или оптимизации.

Компоненты печатаются из нержавеющей стали, алюминия и титана. При этом применяется такое передовое оборудование, как EOS M 290 с рабочей зо-



ной 250×250×325 мм. Полностью автоматизированный процесс изготовления гарантирует высокую точность и неизменное качество.

В случае необходимости последующая механическая обработка проводится опытными сотрудниками AM Solutions – 3D printing services на современном оборудовании, как, например, 5-осевой фрезерный станок DMU 50 от DMG Mori.

Последующая обработка

Для последующей обработки деталей – от удаления поддерживающих структур до сглаживания и полирования поверхностей – предприятие применяет различные технологии и процессы. Для решения данных задач предлагается полный спектр услуг, предлагаемых AM Solutions – 3D post processing. Плотная совместная работа дает ряд преимуществ. Так, например, в преддверии фазы проектирования проверяется, возможно ли реализовать все требования клиента относительно качества отделки поверхности или необходима конструктивная доработка оборудования.

В зависимости от постановки задачи возможна также оптимизация существующих процессов или технологических средств. Наши знания и опыт в области обработки поверхности помогают избежать проблем по дополнительной обработке и тем самым способствует эффективному аддитивному изготовлению деталей. В завершении проводится контроль качества.

Дополнительную информацию можно получить, обратившись по адресам:

ООО «Рослер Руссланд»
РФ, 11020, г. Москва,
ул. Боровая, д. 7, стр. 4
Тел.: +7 (495) 247-55-80
E-mail: rosler-ru@rosler.com
www.rosler.com

AM Solutions S.r.l.
3D printing services
Via dell'Artigianato 39
I-20863 Concorezzo (MB)
Тел. +39 (039) 61-15-21
info@solutions-for-am.com
www.solutions-for-am.com

3-й Ульяновский технологический
симпозиум DMG MORI

Технологический СИМПОЗИУМ ДЛЯ РОССИЙСКИХ ЗАКАЗЧИКОВ



После успеха первых двух технологических симпозиумов на Ульяновском станкостроительном заводе компания DMG MORI провела 3-й технологический симпозиум. Четырехдневное мероприятие посетили более 700 человек. В этом году симпозиум прошел под эгидой Министерства промышленности и торговли России. А четвертый симпозиум уже включен в перечень основных мероприятий федерального ведомства.

Насыщенная деловая программа включала в себя практические семинары, презентации, а также панельные дискуссии, на которых специалисты отрасли поделились своим опытом и обсудили вопросы выбора оптимальных решений для повышения эффективности производства, экономический эффект от применения умного оборудования, вопросы поиска и обучения кадров, аддитивное производство, решения в области аэрокосмической и автомобильной промышленности.

По традиции заключительный день симпозиума был полностью посвящен образовательным решениям Академии DMG MORI. В этот день Ульяновский станкостроительный завод посетили более 100 студентов колледжей, профессиональных училищ

Рис. 1. Станки ECOLINE российского производителя теперь поставляются с новым пультом управления с мультисенсорным экраном DMG MORI SLIMline в стандартной комплектации



и университетов Поволжья. С 2013 года компания DMG MORI является генеральным партнером движения WorldSkills в России, а в 2019 году производитель станков стал платиновым партнером 45-го чемпионата WorldSkills, поставив 45 единиц оборудования для мирового чемпионата в Казани. В связи с этим большое внимание на мероприятии было уделено сотрудничеству концерна с движением WorldSkills.

Серия ECOLINE

Центральное место экспозиции станков DMG MORI в работе заняла линейка ECOLINE в обновленном дизайне и с новым мультисенсорным пультом управления SLIMline.

Дальнейшая разработка отечественных станков особенно заметна в конструкции. Использование металла вместо поликарбоната для корпусов станков делает передние панели более прочными.

DMG MORI также позиционирует панели управления как более эргономичные. Панель DMG MORI SLIMline с 19-дюймовым сенсорным дисплеем представляет собой следующий шаг для современного пользователя. Практичный и эргономически оптимизированный 19-дюймовый сенсорный дисплей с максимальным разрешением и диапазоном поворота 45 градусов обеспечивает существенные преимущества для пользователя:

- ++ Быстрая и удобная функция масштабирования.
- ++ Надежное сенсорное управление.
- ++ Увеличенный объем памяти 4 Гб.
- ++ Выбор программ: увеличение функционала за счет подключения локального дисков/USB-накопителя/сети.
- ++ Многозадачная обработка: выбор режимов сверления — глухое сверление/сквозное сверление; программирование с новой технологией глубокого сверления.
- ++ Исполнение с внешнего накопителя: отображение и сохранение дополнительных файлов в форматах HTML/PDF/BMP/JPEG/DXF в системе ЧПУ.

- ++ Расширенный режим моделирования: определение инструмента при зажиме; параллельная запись.
- ++ DMG MORI SMARTkey; персональная авторизация и дополнительный USB-накопитель (8 Гб).
- ++ Улучшение обзора благодаря экрану диагональю 19".
- ++ Технология 3D-управления: симуляция обработки инструментом с помощью сенсорного управления.
- ++ Оптимизированная эргономика: диапазон поворота 45°.

Новый пульт управления включен в стандартную комплектацию станков ECOLINE без увеличения стоимости.

Технологические циклы

Технологические циклы DMG MORI упрощают программирование обработки и позволяют рационализировать процесс производства

С помощью этих циклов даже сложные этапы обработки могут программироваться непосредственно на пульте станка с помощью диалогового меню путем ввода параметров. Это наглядный, интерактивный и удобный для оператора способ программирования, который приводит к значительной экономии времени при производстве.

Теперь компания DMG MORI также предлагает новые технологические циклы для станков локального производства: MPC 2.0, «Переменная скорость вращения» и 3D quickSET.

Технологический цикл MPC 2.0 — «Защита станка быстрым отключением». Данный цикл контролирует вибрацию и крутящий момент во время работы и обеспечивает быстрое отключение в случае аварии. Это уменьшает ущерб от повреждения, а также риск поломки инструмента и повышает эксплуатационную готовность станка.

Технологический цикл «Переменная скорость вращения» работает с главным шпинделем и контршпинделем или, в случае фрезерных станков, с токарно-фрезерными столами с прямым приводом. Адаптация скорости вращения позволяет избежать вибрации. Таким образом повышается безопасность процесса обработки, например, при использовании длинных тонких сверл. Переменной скоростью легко управлять с помощью трех параметров, дополнительных датчиков не требуется. Не требуется также вмешательства оператора в ручном режиме, при этом цикл обеспечивает одинаковую повторяемость для всех компонентов.

Третий новый технологический цикл DMG MORI называется 3D quickSET — это комплект приспособлений для проверки и корректировки кинематической точности станка в 4-х и 5-осевом исполнении, для всех вариантов исполнения головки и стола. Цикл

Рис. 2. Компания DMG MORI также предлагает новые технологические циклы для станков ECOLINE локального производства: MPC 2.0, «Переменная скорость вращения» и 3D quickSET



предлагает периодическую перекалибровку станка с полным документированием данных и высочайшую кинематическую точность самонастройки.

Решения по автоматизации от одного поставщика
Разработка и внедрение решений по автоматизации на Ульяновском станкостроительном заводе — от технического консультирования и бюджетирования до реализации

Решения в области автоматизации являются для компании DMG MORI ключевыми аспектами перспективного станкостроения. Станки, оснащенные автоматизацией, являются обязательными составляющими цифрового завода, а значит, без них невозможно представить современное интеллектуальное сетевое производство. Компания DMG MORI продолжает считать цифровизацию стратегическим направлением, имеющим большое будущее. Как и все заводы концерна, завод в Ульяновске также играет важную роль в разработке и внедрении решений по автоматизации. Диапазон предлагаемых заводом услуг достаточно широк: от технических консультаций и расчета затрат до возможных модификаций используемых станков, включая установку и ввод в эксплуатацию. Эксперты в Ульяновске предлагают и другие решения по оптимизации производства, оснащение инструментом и обучение роботов, так что заказчики получают комплексное решение по автоматизации от одного поставщика.

Производитель станков представил на Ульяновском технологическом симпозиуме 5-осевой фрезерный обрабатывающий центр DMU 50 с манипулятором палет PH 150 и токарно-фрезерный центр CTX beta 800 TC с автоматизацией Robo2Go. Мани-

Рис. 3. PH 150 позволяет разместить до 24 палет. Максимальный размер палет $\varnothing 500 \times 500$ мм с весом заготовки до 250 кг.



Рис. 4. С Robo2Go 2-го поколения можно работать интуитивно без каких-либо специальных знаний программирования роботов.



пулятор палет PH 150 разработан для подачи и накопления заготовок размером до $500 \times 500 \times 350$ мм. Зажимная система с нулевой точкой обеспечивает высокую точность повторного зажима. Робот второго поколения Robo2Go с модулем загрузки и датчиком безопасности разработан специально для гибкого использования с токарными центрами и благодаря своей открытой конструкции обеспечивает эргономичный доступ к станку.

DMG MORI также показал универсальный токарный станок CTX 310 *ecoline* в качестве примера для демонстрации опыта внедрения автоматизации в Ульяновске.

АДДИТИВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО:
четыре полные технологические цепочки для аддитивного производства с использованием сопла подачи порошка и порошковой камеры

Уже более пяти лет компания DMG MORI успешно представляет на рынке технологию сочетания сварки лазерной наплавкой и резания металла на станках серии LASERTEC 3D *hybrid*. В дополнение к разработкам в области цифровых технологий для традиционного производства компания DMG MORI также стала производителем полной линейки оборудования для аддитивного производства. В ближайшие годы ожидается бурное развитие аддитивных технологий. Но это не станет неожиданностью для компании DMG MORI с учетом линейки оборудования в этой области. В то время как LASERTEC 65 3D предназначен исключительно для сварки лазерной наплавкой в качестве дополнения

к имеющимся обрабатывающим центрам в цехе, серия LASERTEC SLM 2-го поколения расширяет линейку продукции, включив технологию селективной лазерной плавки в порошковой камере. Две последние серии также можно комбинировать с отдельными обрабатывающими центрами и токарными станками из линейки DMG MORI, чтобы создавать новые технологические цепочки.

Рис. 5.



Рис. 6. Для аддитивного производства в порошковой камере компания DMG MORI предлагает станок LASERTEC 30 SLM 2-го поколения



Специально для применения в селективной лазерной плавке компания DMG MORI предлагает новое программное обеспечение «Optomet». Оно имеет алгоритмы самонастройки и обучения, которые рассчитывают необходимые параметры селективной лазерной плавки заранее в течение нескольких минут. Это означает, что толщину слоя, например, можно рассчитать свободно, что, в свою очередь, обеспечивает более быструю и, следовательно, более производительную постройку. «Optomet» также имеет базу данных материалов, которая позволяет операторам использовать материалы всех производителей без необходимости их предварительного тестирования. Открытая система также позволяет самостоятельно расширять базу данных на основе собственных экспериментов заказчика. «Optomet» может регулировать параметры таким образом, что свойства материала, такие как твердость, пористость и эластичность, могут быть изменены или оптимизированы.

Модернизация станков DMG MORI на Ульяновском станкостроительном заводе

На базе Ульяновского станкостроительного завода теперь есть возможность получить услуги по модернизации любого эксплуатируемого оборудования производства концерна DMG MORI вне зависимости от года изготовления и состояния. Завод имеет все необходимое современное оборудование и квалифицированных специалистов для выполнения цикла работ по реновации.

На сегодняшний день может быть произведена замена следующих узлов станка: шпинделей, ШВП, приводов, линейных направляющих, систем ЧПУ. Основываясь на требованиях и пожеланиях заказчиков, в результате проведенных работ оборудование приобретает новые качественные характеристики, связанные с увеличением его производительности, скорости и точности обработки, энергоэффективности, и в конечном итоге позволит с минимальными затратами

Рис. 7. Модернизация станков DMG MORI на Ульяновском станкостроительном заводе для увеличения производительности



выйти на качественно новый уровень производства в век цифровизации и стремительно развивающихся технологий.

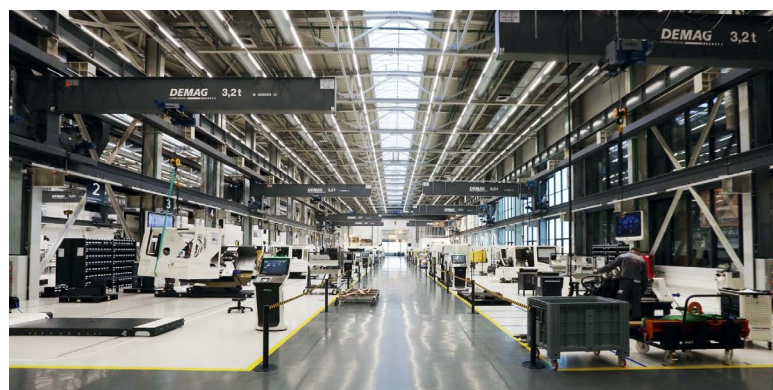
Российское производство

В рамках работы по локализации производства завод в Ульяновске достиг серьезных успехов, что отразилось на общем процентном соотношении комплектующих российского происхождения к иностранным. На конец 2018 года уровень локализованных компонентов от российских поставщиков был зафиксирован на 40%-й отметке. Сейчас завод закупает у отечественного производителя как относительно простые группы, такие как литье, детали токарной и фрезерной обработки, изделия из листового металла, так и более высокотехнологичные компоненты — гидравлические системы, электрические шкафы, транспортеры стружки и т. д.

Начиная с 2018 года было выпущено более 250 шпиндельных узлов собственного производства. В процессе доработки технологического процесса производства и сборки находится магазин инструментов. К концу 2019 года потребность предприятия в этом узле будет закрыта также собственными силами. Прототипы муфт и ременных передач успешно прошли все проверки отдела качества, и сейчас активно вводятся серийные поставки этих прецизионных деталей.

Следует отметить, что этап развития и квалификации поставщика занимает до трех лет, в зависимости от уже имеющегося опыта комплектатора. Детали и компоненты локального производства должны пройти 100% измерительный контроль, а некоторые — многочасовые испытания непосредственно в станке. Основопологающим законом импортозамещения является для нас бескомпромиссное качество, а также стабильная цена конечного продукта, потому локализация — чрезвычайно кропотливый процесс, занимающий огромное количество времени, усилий и требующий серьезных инвестиций. ■

Рис. 8. Завод в Ульяновске добился значительных успехов, что отразилось на общем процентном соотношении компонентов российского происхождения к зарубежным



Оборудование для аддитивного производства

Ищете оборудование для аддитивного производства и литья порошков под давлением?

Микроструктурный анализ, измерение твердости, термообработка, измельчение и гомогенизация, а также анализ размеров и формы частиц – бренды Verder Scientific предлагают высококачественное оборудование, профессиональные консультации и поддержку пользователей по всему миру.

Пожалуйста, посетите наш веб-сайт www.verder-scientific.ru для получения более детальной информации.

**ООО “Вердер Сайнтифик” • Санкт-Петербург, ул. Бумажная, д. 17
(812) 777-11-07 • info@verder-scientific.ru**

Пробоподготовка для материалографии

Оборудование для резки, запрессовки, полировки и травления образцов в рамках подготовки поверхности к микроскопическому анализу.



www.atm-m.ru

Металлические детали требуют дальнейшего исследования, например, после процесса спекания. Большой выбор машин ATM для резки, полирования и травления позволяет обеспечить идеальную подготовку поверхности, необходимую для надежного микроструктурного анализа.

Высокотехнологичный отрезной станок **Brillant 240** делает процесс подготовки образца для исследования надёжным и воспроизводимым. А новый **модульный пресс горячей запрессовки Opal X-Press** идеален для получения образцов с низкой усадкой, высокой плотностью и превосходным удержанием края.



Термообработка, спекание

Печи и термошкафы для термообработки, удаления связующих и спекания в среде воздуха, инертных и реакционных газов, а также вакуума.

Компания CARBOLITE GERO предлагает печи, специально разработанные для различных этапов термообработки металлических и керамических изделий, изготавливаемых с применением литья порошков под давлением и аддитивных технологий.

Области применения наших печей помимо прочего – высокотемпературное и каталитическое удаление связующих, сушка изделий после удаления связующих на основе растворителей, снятие внутренних напряжений, а также спекание в среде продувочного газа, водорода или вакуума.



www.carbolite-gero.ru



Измерение твёрдости



www.qness.ru

QNESS специализируется на разработке и производстве инновационных твердомеров и предлагает качественные клиентоориентированные решения.

Измерение твердости в порошковой металлургии требует совершенно других параметров и процедур по сравнению с классическими испытаниями на твердость.

Порошок должен быть запрессован в смолу при помощи горячего пресса, а затем материалографический образец должен быть отполирован, чтобы получить чистую поверхность для испытания на твердость. Для проверки качества порошковых материалов идеальным решением является мощный микротвердомер по Виккерсу QNESS Q10/30/60.



Измельчение и просев

Мельницы для переработки сырья и промежуточных заготовок, просеивающие машины для отделения металлических порошков, остающихся после 3D-печати, для повторного использования.

В металлургии важную роль играет возможность повторного использования сырьевых материалов. Компания RETSCH предлагает широкий спектр оборудования, предназначенного для просева порошков и измельчения металлических компонентов, что позволяет в дальнейшем повторно использовать переработанный материал в производственном процессе.



www.retsch.ru



Анализ размеров и формы частиц

RETSCH TECHNOLOGY производит инновационные оптические измерительные системы для характеристики частиц порошков, гранул и суспензий.

Такие свойства, как сыпучесть, сжимаемость, пористость или поведение во время спекания, которые влияют на пригодность металлического порошка для порошковых металлургических процессов, зависят от размера и формы частиц порошка.

Система CAMSIZER X2 является мощным инструментом для динамического анализа изображений, охватывающим диапазон размеров от 0.8 мкм до 8 мм.



www.retsch-technology.ru



Ситовой анализ и измельчение металлических порошков и изделий

В металлургии важную роль играет возможность повторного использования сырьевых материалов. Компания RETSCH предлагает широкий спектр оборудования, предназначенного для отсева порошков и измельчения металлических компонентов, что позволяет в дальнейшем повторно использовать переработанный материал в производственном процессе. Ниже приведены примеры использования оборудования RETSCH в данной области.

Отделение тонких фракций металлических порошков после лазерной 3D-печати для дальнейшего повторного использования

Просеивающие машины RETSCH, например **вибрационная просеивающая машина AS 200 basic**, превосходно подходят для отсева металлических порошков, склонных к агломерации. После отсева порошок можно использовать как для подготовки к 3D-печати, так и после 3D-печати для отделения тонких фракций, пригодных для повторного использования.

Компания **Concept Laser**, производитель оборудования для 3D-печати металлических компонентов, использует просеивающие машины **AS 200 basic** именно с этой целью. AS 200 — наиболее экономичная модель в серии, отличающаяся традиционным качеством и надежностью оборудования RETSCH. В самое короткое время она позволяет получить

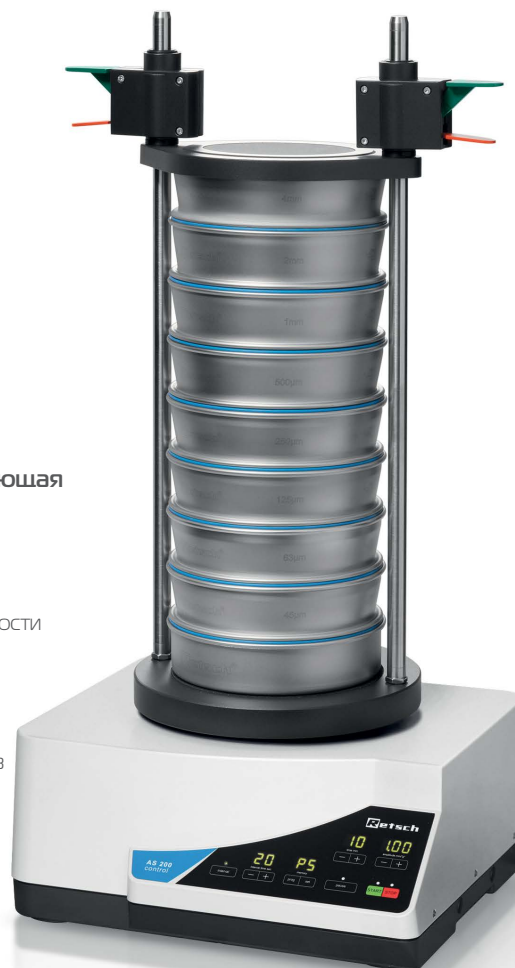
от 1 до 17 фракций материала. Данная просеивающая машина имеет функции цифровой настройки и мониторинга рабочих параметров, позволяя максимально удобно измельчать черные и цветные металлы, например золото, карбид вольфрама и другие драгоценные металлы.

Для этого, как правило, используются контрольные сита RETSCH диаметром 200 или 203 мм и высотой 25 или 50 мм, согласно стандартам ISO 3310-1 или ASTM E11. Размер отверстий сит 32–150 мкм идеально подходит для отделения тонких фракций металлических порошков, не склонных к агломерации, которые можно повторно использовать после 3D-печати. Как правило, используются следующие размеры отверстий сит: 32, 40, 50, 63, 100 и 150 мкм.



Вибрационная просеивающая машина AS 200 basic

- Диапазон измерения: от 20 мкм до –25 мм
- Отображение эффективности и времени работы на цифровом дисплее
- Подходит для отсева сухих и сырых материалов



Сита компании RETSCH, широко известные в отрасли, собраны на прочной обечайке из нержавеющей стали и гарантируют высокую достоверность результатов анализа. Отвечая строгим отраслевым требованиям, полотно сит точно подгоняется к обечайке и имеет оптимальное натяжение. Каждое контрольное сито RETSCH имеет четкую маркировку, нанесенную лазерным гравированием, для обеспечения прослеживаемости каждого изделия.

Переработка промежуточных заготовок или компонентов, изготовленных из твердых металлов, для использования в процессе литья металлических порошков под давлением

Технология литья металлических порошков под давлением применяется для производства металлических деталей сложнейшей геометрической формы. Металлический порошок, смешиваемый со связующими веществами, подается в пресс-форму при помощи специаль-

Щёковая дробилка BB 500 XL

- Исходный материал: умеренно-твердый, твердый, хрупкий, жесткий
- Высокая степень измельчения 50:1
- Постоянный контроль зазора щек



ных литейных машин. Сначала создается первичная промежуточная заготовка, затем, после частичного удаления связующих, — вторичная промежуточная заготовка, а затем, после спекания, — готовая металлическая деталь сложной геометрии. На любом этапе технологического процесса могут быть получены бракованные заготовки. **Чтобы восстановить изначальные свойства материала этих заготовок, их измельчают и полученный порошок используют повторно.**

Щёковые дробилки, например **RETSCH BB 500 XL**, эффективно измельчают бракованные промежуточные заготовки (первичные и вторичные) или компоненты из твердых металлов всего за несколько минут.

Пример применения

В щёковой дробилке BB 500 XL измельчались первичные промежуточные заготовки массой 10 кг и исходным размером частиц <100 мм, разделенные на две партии, при закрытом зазоре щек (т.е. неподвижная и подвижная щеки дробилки плотно прижаты друг к другу). После 1 мин измельчения достигалась конечная тонкость <250 мкм (85%). ■

VERDER
scientific

ОО "Вердер Сайнтифик"
190020, Санкт-Петербург,
ул. Бумажная, д. 17

Тел.: +7 (812) 777-11-07
Факс: +7 (812) 325-60-73
E-mail: info@verder-scientific.ru
www.verder-scientific.ru

Ручные 3d-сканеры SCANTECH

Эффективное решение для контроля и обратного проектирования

SCANTECH
3D Digitization Expert
scantech-3d.ru



Prince 775

уникальный ручной сканер с системой 2-х лазеров (красный и синий), разрешение до 0,02 мм



KSCAN

объединяет в себе фотограмметрическую систему и двухчастотный сканирующий лазер

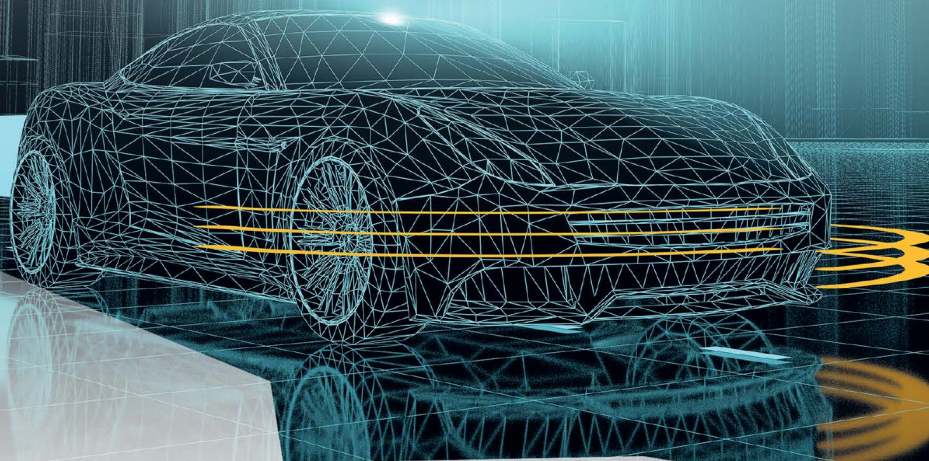


AXE

гибридное устройство, сочетающее в себе 3d-сканер и фотограмметрию. Точность 0,02 мм + 0,035 мм/м

Оборудование
внесено
в реестр СИ РФ

Большой выбор оборудования SCANTECH позволяет получить оптимальное решение для достижения ваших целей!
3D-сканеры SCANTECH отлично подходят для решения задач по контролю геометрии и обратному проектированию.





- Значительно ускоряет процесс литья:
изготовление форм от модели до самой формы занимает 7 дней
- Два бункера позволяют работать устройству без простоев
- Уменьшаются припуски на отливках, значительно снижается масса детали
- Возможность изготовления форм/деталей со сложной геометрией
- Песчаные формы - до 2200 см

ПЕСЧАНЫЕ СТЕРЖНИ:



Стержень
рабочего колеса



Стержень клапана



Стержень клапана

КОНЕЧНЫЕ ИЗДЕЛИЯ:



Насос



Впускной патрубок



Сервотормоз самолета

Технология 3D-печати песчаных форм китайской компании FHZL



Guangdong Fenghua Zhuoli Technology Co Ltd. (FHZL) – одна из первых китайских компаний, занимающихся исследованиями технологии 3D-печати и ее коммерциализацией. Компания разработала передовые технологии 3D-печати для литейной промышленности. FHZL активно поддерживается правительственными фондами Китая. В настоящее время она – одна из самых успешных в области 3D-печати. Промышленные 3D-принтеры FHZL используют десятки компаний по всему миру.

3D-принтеры от компании FHZL предназначены для изготовления песчано-смоляных форм и песчаных стержней сложной геометрии. Формы используют для получения литых заготовок из цветных металлов, сталей, чугуна, алюминиевых и других сплавов, а также стержней для применения в кокилях.

В отличие от традиционного производства, предлагаемый 3D-принтер позволяет изготавливать песчано-смоляные формы без использования модельной оснастки

и на порядок быстрее, чем традиционным методом. Сравнение технологии FHZL и традиционной модельной технологии показано **ниже**.

Преимущества технологии с использованием 3D-печати

Ускорение сроков изготовления деталей и оснастки в 3–5 раз по сравнению с традиционным способом.

Используется микрокапсульная технология впрыска, основанная на смешивании двух

Процесс FHZL	Традиционная технология литья
Не требуются модели, литейная форма может быть сформирована за один раз.	Соответствия проектным требованиям можно добиться только после 3-4-разовой корректировки модели.
Возможность встроенного моделирования, сокращения конструктивных ограничений и объема механообработки, легкий контроль точности размеров отливки.	Для сложных деталей применима только формовка в нескольких опоках; при увеличении же сложности в деталях повышается вероятность перекоса, возрастает необходимость в очистке и механообработке.
Повышается точность позиционирования при формовке как формы, так и стержня.	Стержень изготавливают отдельно, что увеличивает погрешность позиционирования при сборке формы.
Не требуется литейный уклон, снижается масса отливаемой детали.	Необходимы литейные уклоны.
Возможность создания высокоточных деталей любой геометрии, особенно сложных в исполнении и включающих свободные поверхности.	Нет гарантии получения качественных поверхностей.
Полная реализация замысла конструктора.	Существует много проблемных мест, поэтому при некорректном изготовлении отливки сложно определить, где источник ошибки.
В случае конструктивных отливок возможность корректировки.	Высокие инвестиции в разработку новой продукции.

	Процесс FHZL	Традиционная технология литья
Время изготовления	~ 7 дн.	~ 120 дн.
Трудозатраты и расходы на сырье	Очень низкие	\$ 50...500 тыс.
Требования к квалификации работников	Профессиональные навыки не требуются, можно работать через неделю обычного обучения.	Требуются высокие профессиональные навыки, самостоятельно можно работать только при определенном опыте.
Рабочая среда	Высокая степень автоматизации, легкое управление, экологическая чистота на рабочем месте.	Низкая степень автоматизации, высокая трудоемкость и плохая экология в цехе.

связующих (фурановых смол). По сути, это технология струйной печати (BinderJetting). Первое связующее после смешивания с песком просушивают до подачи песка в бункер, второе связующее (смола) впрыскивается головкой на поверхность, затем, слой за слоем, формируется форма. В одном бункере при необходимости можно напечатать несколько слоев форм. Любая сложная геометрия не накладывает никаких ограничений на процесс. Песок прочно держит запечатанные участки, и формы могут иметь любые диаметры и любые углы, что не гарантируется большинством технологий 3D-печати. Также не нужны никакие поддержки выступам.

Свою технологию изготовления изделий с помощью этого 3D-принтера компания FHZL называет PCM Patternless Casting Manufacturing производство бескаркасных отливок. *Сегодня это одна из самых передовых технологий изготовления литейной оснастки.*

Эта технология позволяет быстро создавать песчаные формы и стержни сложной геометрии, поскольку объединяет разные технологии:

- проектирование и моделирование модели в CAD;
- 3D-печать;
- новые материалы;
- систему контроля качества.

На используемых 3D-принтерах можно печатать как целиком сами формы больших размеров, так и только стержни. Возможно также комбинированное изготовление стержней на 3D-принтере, а остальной оснастки – традиционным способом или на специальных станках с ЧПУ, что бывает экономически более выгодно.

Специалисты компании могут дать консультации по подбору оборудования для полного цикла изготовления форм и стержней любым вариантом технологии.

Процесс изготовления формы

Процесс 3D-печати песчаной формы включает следующие этапы (рис. 1):

1. Создание stl-файла модели детали. Делается в отдельном программном обеспечении.

2. Создание модели формы (обработка самой детали), когда форма может быть разделена на несколько частей (стержни, другая оснастка).

3. Разбиение модели на слои, которые будут напечатаны на принтере, т.н. слайсинг. FHZL использует собственное программное обеспечение.

4. Для 3D-печати песчаной формы принтеры могут быть разного размера, с одной или двумя камерами. На этом этапе первую смолу, катализатор, смешивают с песком и послойно засыпают

в бункер, затем вторую смолу, связующее, наносят (печатают) на каждый слой. Стоит учесть, что в зависимости от требуемого качества формы используют песок разного качества. Если требуется мелкая детализация и гладкая поверхность, используют песок более мелкой фракции. Все настройки для печати открыты и в случае необходимости остаются в памяти устройства, также существуют стандартные настройки для разных материалов формы и применяемых сплавов.

5. Очищают форму сначала с помощью большого пылесоса, а потом вручную. Покрытие на поверхность формы наносят равномерно. При сборке формы на нее также наносят специальный слой покрытия и нагревают в печи для высушивания.

6. Нанесение специального покрытия на поверхность формы.

7. При заливке металлом форму часто помещают в опоку и формируют традиционным методом.

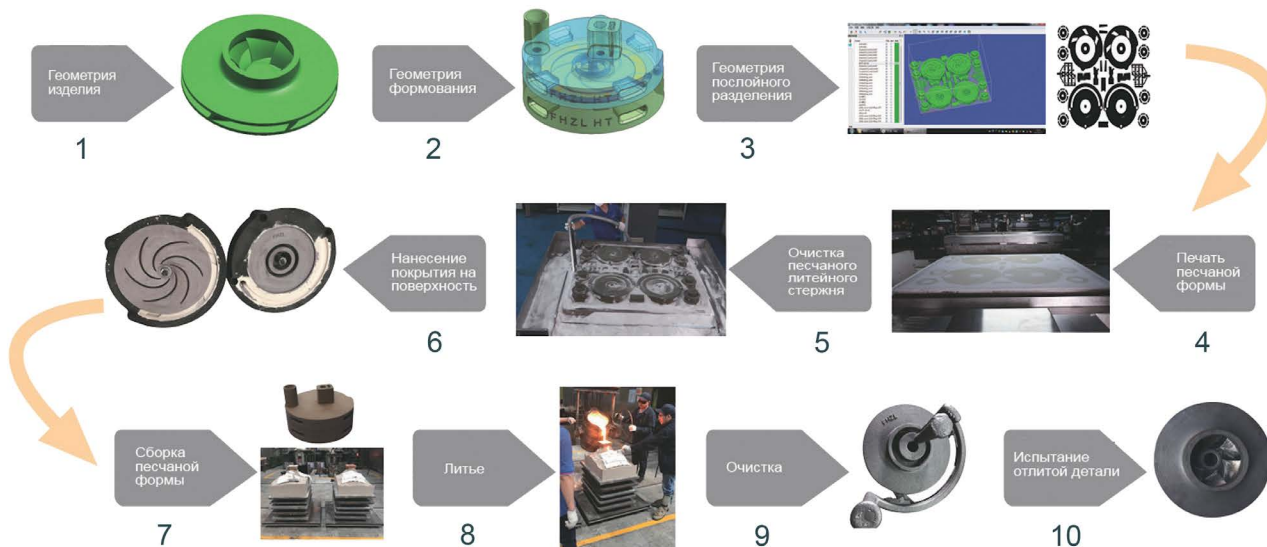
8. Стержни очищают на вибростенде, продувают и отделяют от литников.

9. Последний этап – испытание отливки, контроль ее качества.

Применяемые материалы

Песок – кварцевый, кальцинированный, синтетический, керамический, разных фракций, в зависимости от требуемого качества

Рис. 1.



печати. Может использоваться и местный песок. Выбор технологического кварцевого или синтетического песка должен отвечать требованиям разных видов последующей обработки отливок, что помогает эффективно контролировать затраты и гарантировать качество.

Фурановые/фенольные смолы, используемые при 3D-печати песчаных форм, должны соответствовать стандарту. Необходимо, чтобы эти связующие полностью склеивали песок и создавали сложные песчаные стержни и формы, отвечающие предъявляемым к ним требованиям.

Примеры получаемых моделей показаны на рис. 2. Возможности принтеров разных моделей приведены в таблице.

Достоинства нашего принтера

- Значительно ускоряется процесс литья — от создания модели CAD до получения детали он занимает 7 дней.
- Значительный экономический выигрыш в случае мелких серий, создания прототипов, использования при ремонте деталей.
- Возможность изготовления малых прецизионных отливок, а также отливок сложной конструкции и компонентов сложной геометрии.
- Могут быть получены формы больших размеров — до 2200 см. Уменьшаются припуски при отливках, значительно снижается масса детали. Легко вносить изменения в дизайн изделия — просто меняется stl-файл.



Особенно актуально при создании прототипов и новых изделий. Копии могут быть созданы с уже существующих деталей методом обратного проектирования, опыт которого у нас уже есть, как и бесконтактного контроля качества.

- Все настройки и модели сохраняются, и можно повторить или усовершенствовать вывод деталей без каких-либо сложностей.

Преимущества нашего принтера перед аналогами других производителей

Высокая точность печати: $\pm 0,3$ мм.

Высокая скорость печати: один слой — за ~ 20 с, что в 2–3 раза быстрее скорости печати аналогичных устройств других производителей. При печати форм больших объемов, особенно с мелкой детализацией, выигрыш во времени может составить часы и даже сутки.

Экономичность и эффективность. Можно большую часть песка без связующего использовать повторно.

Низкие расходы на обслуживание. Меньшее количество сопел по сравнению с аналогами обеспечивает большую эффективность печати и низкие затраты на обслуживание.

Разные слои и участки изделия, такие, как кроля или тонкие стержни, могут быть отпечатаны с разным объемом связующего, которое рассчитывается с помощью специального ПО, процесс также может быть выполнен вручную.

Возможность использования разных смол, в том числе производимых в России.

Конструкция принтера предполагает наличие как одного, так и двух бункеров (камер печати). В случае использования двух бункеров возможна, по сути, непрерывная печать, когда одна камера выдает деталь, вторую уже можно запечатывать.

Наличие отработанных промышленных технологий для размеров камеры: 300×250×250 до 2200×1000×800. Принтеры — не экспериментальные, а широко ис-

Модель принтера / Характеристика	PCM300	PCM800	PCM1000	PCM1200	PCM1500	PCM1800	PCM2200
Размер печати (max), мм	300×250×250	800×750×500	1000×750×550	1200×1000×600	1500×1000×700	1800×1000×700	2200×1000×800
Наконечник для печати	1×1024P	2×1024P	2×1024P	4×1024P	4×1024P	4×1024P	4×1024P
Скорость печати, S / Layer	22	20	22	21	22	23	25
Производительность (объем формы), л/ч	6	54	61	103	123	141	158

Примечания. 1. Точность печати $\pm 0,3$. 2. Толщина слоя — 0,2...0,5 мм. 3. Ящики для работы — один или два.

пользуются на литейных производствах по всему миру, они также могут быть выполнены по индивидуальным требованиям заказчика.

Принтер имеет *низкие эксплуатационные расходы*, неприхотлив, легок в управлении, интерфейс русифицирован, позволяет использовать песок повторно.

О КОМПАНИИ FHZL

Компания имеет 20-летний опыт проектирования таких принтеров. Собственные центры НИОКР и опытно-конструкторских работ, свое подразделение разработки ПО позволяют компании самостоятельно заниматься разработками расходных материалов. А благодаря огромному производственному центру, в котором изделия производят на продажу, у компании накоплен большой опыт изготовления песчаных форм, для чего уже созданы принтеры IV поколения.

Сегодня FHZL превратилась в технологическую компанию, которая может предложить комплексные НИОКР и технологии промышленного изготовления оборудования для 3D-печати песчаных форм, услуги цифрового инжиниринга для обработки 3D-данных, продажи различных расходных материалов для 3D-печати с отработанной возможностью изготовления металлических компонентов и песчаных форм.

Уникальная технология изготовления песчаных форм, основанная на струйной печати с использованием микрокапель 3D-печати. Эта новая технология совместима с традиционным процессом и способна значительно изменить производственный цикл в литейном производстве. Превосходное конструкторское решение и возможность литья с использованием технологии 3D-печати дают клиентам конкурентные преимущества при изготовлении высококачественных и сложных



металлических компонентов и песчаных форм.

Наша компания делает бесплатный тестовый вывод деталей, а также занимается коммерческим созданием песчаных форм и конечных изделий. Присылайте нам свои модели для расчета и тестового вывода.

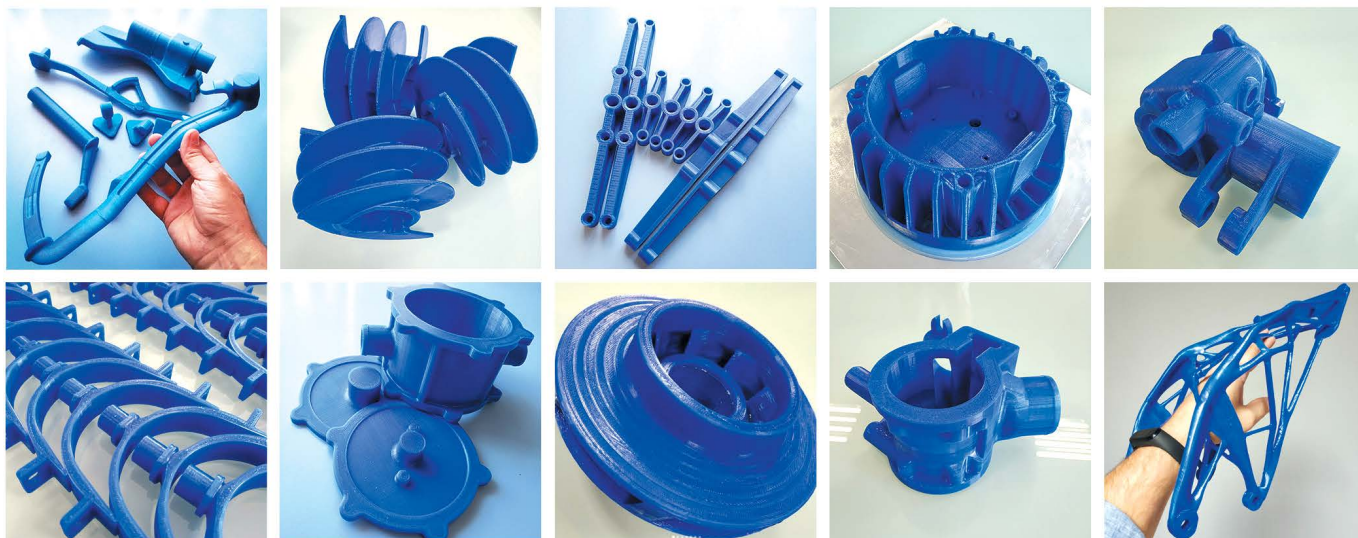
• Компания FHZL создала отраслевой стандарт в технологии изготовления песчаных форм. Результат 20 лет разработок технологий и материалов – IV поколение принтеров, применяемых в литейных технологиях, где уже накоплен огромный опыт.

• Компания имеет более 100 собственных патентов и изобретений и уникальные собственные разработки, в том числе собственное ПО и свои материалы.

• Компания занимает первое место в Китае по количеству установленных 3D-принтеров для изготовления песчаных форм и стержней. ■

По всем вопросам приобретения принтеров FHZL связывайтесь с компанией i3D – 3d@i3d.ru





Доступная печать восковых форм для литья

Литье металлов — технология, известная уже более десяти тысяч лет.

Одними из самых древних техник литья можно назвать литье в землю (земляные или песчаные формы, снимаемые с мастер-модели) и литье в кокиль (много-разовая форма, изготавливаемая из различных доступных материалов). Технологии развивались, появлялись новые материалы, давшие новые возможности по снятию форм. Позже появилась и техника литья по выплавляемым моделям из воска, сокращенно — ЛВМ. Эта технология традиционно используется для точного серийного литья. Преимущество ее состоит в том, что мастер-модель изготавливается один раз. Потом с нее снимается точная разъемная силиконовая форма. Далее в эту силиконовую форму заливается

модельный восковой состав, который изымается из формы после застывания. И так процесс повторяется многократно до достижения необходимого количества восковых форм или разрушения силиконовой формы.

На полученные восковые формы в несколько слоев наносится огнеупорная корка. После ее высыхания воск из них выплавляется в горячей воде, печи или в бойлерклаве перегретым паром (наиболее экологичный и современный вариант). Получается пустотелая форма, в которую после прокалики можно заливать металл, который полностью повторит форму восковки.

ЛВМ имеет свои недостатки: невозможно снять форму со сложного объекта с внутренними полостями, бionического дизайна или объекта, разработанного

с использованием технологии генеративного дизайна. К тому же литье — это технология исключительно серийная. Литье единичного изделия, конечно же, возможно, но зачастую финансово не оправдано. Связано это с тем, что перед заливкой металла в форму проходит описанный выше многостадийный процесс подготовки. Для сокращения этого процесса на данный момент разработано несколько технологий и устройств:

1. Технология печати непосредственно песчаной огнеупорной формы для литья. Бесподобное решение для больших литейных производств! Полностью устраняет все стадии подготовки формы. Низкая цена расходных материалов, довольно высокая скорость получения песчаной



формы — тут прекрасно все... кроме цены. Стоимость подобного принтера начинается от 60 млн руб. Далеко не каждое производство может позволить себе такую технику, да и окупить ее — задача не одного года.

2. Изготовление восковых форм методом фрезеровки специальных твердых восковых составов. Во многом компромиссная технология. При плюсах невысокой себестоимости расходных материалов есть довольно сильные ограничения по форме изделия, диктуемые технологией фрезерования (глубокие поднутрения, скрытые каналы сложных форм). Ну и конечно, стоимость фрезерного станка с ЧПУ довольно высока, особенно если требуется

производство форм больших габаритов.

3. Печать восковых форм по технологии DOD на принтерах SolidScape S350.

Плюсы: высокое качество поверхности восковых форм.

Минусы: цена такого принтера начинается от 3 млн руб. Высокая стоимость расходных материалов. Область построения всего 15×15×10 см.

4. Печать восковых форм по технологии MJM на принтерах ProJet MJP 2500W

Плюсы: высокое качество поверхности восковых форм.

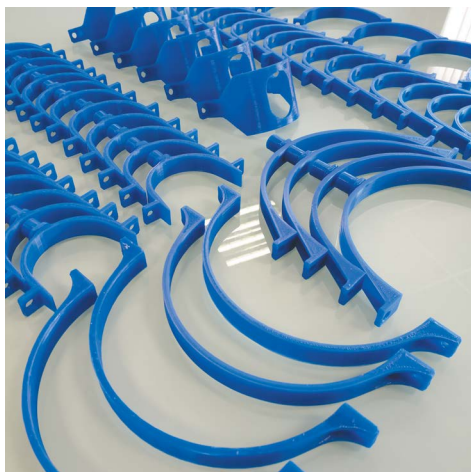
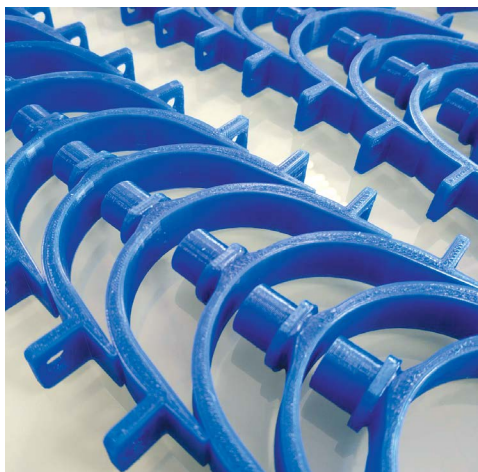
Минусы: цена такого принтера начинается от 4 млн руб. Высокая стоимость расходных мате-

риалов. Область построения уже повнушительнее: 30×20×14 см — однако для большинства задач промышленности и она крайне мала.

Оценив вышеописанную ситуацию с плохой доступностью аддитивных технологий в литье для малых и средних литейных предприятий, мы в компании «Filamentarno!» в сентябре 2017 года начали разработку воскового модельного состава пригодного для печати на широко доступных 3D-принтерах, работающих по технологии FDM (FFF) и не требующего их модификации.

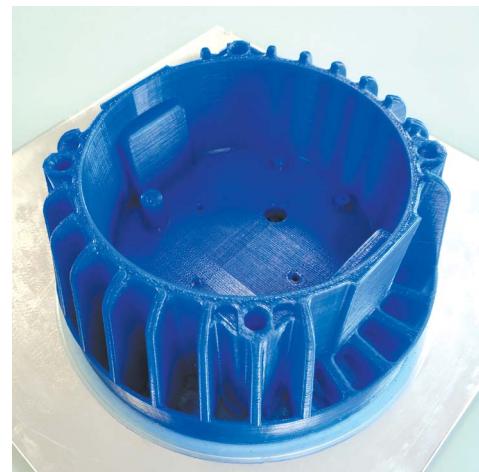
Эти недорогие устройства уже давно перестали быть диковинкой на российском рынке, а их доступность по цене сделала их популяр-

Скобы и кронштейны для наружного монтажа



Рабочее колесо центробежного насоса





ным инструментом широчайшего спектра применения.

Спустя полгода после начала разработки материала нами был выпущен финальный продукт — намотанный на катушку восковой пруток распространенного диаметра 1.75 мм и 2.85 мм.

Материал под торговой маркой «Wax3D» обладает всем необходимым для модельных составов спектром свойств:

— выплавляется из форм в бойлерклаве вместе с восковками из стандартных модельных составов при температурах от 130 до 170°C, что позволяет работать с изготовленными из него восковками, не отклоняясь от стандартных для литейного производства технологий;

— зольность не превышает показатели распространенных восковых модельных составов (менее 0,01%);

— температура размягчения 43–45°C;

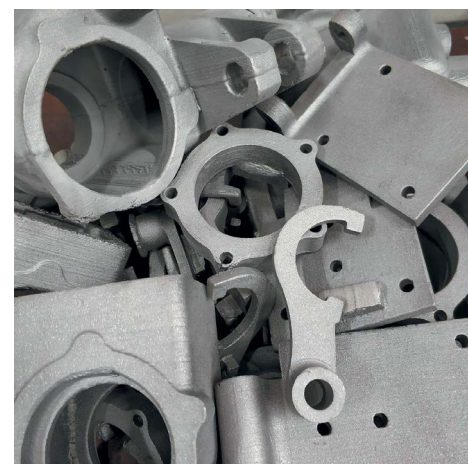
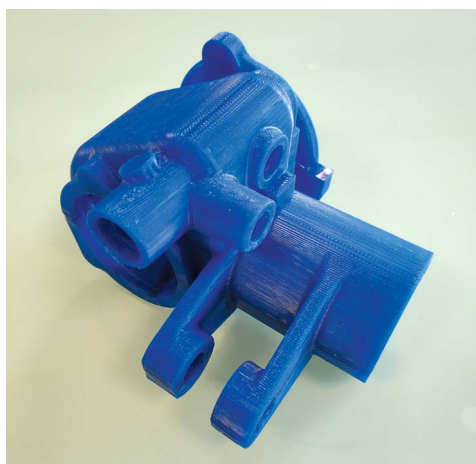
— температура каплепадения 93–96°C;

— прочность и упругость, превышающие показатели распространенных восковых модельных составов.

С появлением этого материала на рынке технология прямой печати восковок стала доступна любой литейной мастерской. В зависимости от необходимых размеров восковой формы можно выбирать из широчайшей линейки представленных на российском рынке FDM 3D-принтеров

как российского (Picaso, Magnum, Imprinta, TotalZ, PrintBox), так и зарубежного производства. Цена пригодных для печати материалом Wax3D принтеров начинается от 30–40 т.р. за недорогие модели с объемом построения 20×20×20 см. Широко представлены и принтеры с объемом построения 30×30×50 см. Их цена варьируется от 40 до 250 т.р. Доступна на рынке и более серьезная техника. Например, российский 3D-принтер «Picaso Designer XL» с рабочей камерой объемом 36×36×60 см и ценой чуть ниже 300 т.р. А есть и российский производитель «Царь-3D», выпускающий принтеры с рабочим объемом камеры построения 60×60×80 см! В зависимости от комплекта-

Корпус и части масляного насоса старинной техники



Клапанная пара шарового клапана



Корпус трюмного насоса старинной техники



ции цена его составит от 800 до 900 т.р.

Цена же нашего воска WAX3D для этих принтеров составляет на данный момент всего 2200–2400 р. за кг. Учитывая, что рекомендуемое заполнение детали составляет всего 15–25%, несложно подсчитать, что себестоимость таких восковок будет невелика. Затраты же на внедрение на литейном предприятии этой тех-

нологии просто несопоставимы с теми перспективами, которые открываются для производителя. Фактически срок окупаемости техники в зависимости от загрузки может составить 1–4 месяца! А возможность исполнять заказы на единичные или мелкосерийные отливки по ценам, в десятки раз ниже стоимости 3D-печати металлом, обеспечит стабильный приток заказов.

Спросите, откуда у нас такая уверенность? Все просто — за прошедший год мы выполнили десятки заказов на печать восковых форм из Wax3D — часть из них приведена в этой статье. Очередь на печать не уменьшалась на протяжении всего года, а приобретенная для этого техника окупилась многократно. ■

Компания "Filamentarno!"
www.filamentarno.ru
Тел: +7 (499) 393-32-25
E-mail: info@filamentarno.ru



Часть спортивного мотоцикла, выполненная с использованием генеративного дизайна



«Это можно сделать легко и дешево», — убеждали себя, смотря на китайские принтеры «домашнего» назначения. Мы ещё никогда так сильно не ошибались...

Сегодня мы расскажем вам о том, по какому пути мы шли, разрабатывая собственный модуль печатающей головы для своего 3D-принтера, так как считаем что это довольно интересный опыт.

Началось всё с изучения проблем китайских печатающих головок. Основные их проблемы связаны с залипанием печатного материала, его проскальзыванием в приводном механизме и выходом из соединения экструдера. Проведя несколько ночей на форумах, мы установили причину — некачественный термобарьер между горячим соплом и холодной направляющей трубкой. Термобарьер на китайских комплектующих очень капризный и как будто специально сделан так, чтобы вызывать постоянные проблемы.

Для качественной 3D-печати необходим термобарьер минимальной длины, обладающий высокими теплоизолирующими свойствами. Это позволяет нагревать только те зоны экструдера, которые нужно, не передавая тепло на холодные. В этом случае печатный материал расплавляется непосредственно в сопле, перед выходом из экструдера, что существенно облегчает эксплуатацию и снижает вероятность застревания и вытекания пластика.

На практике термобарьеры в «домашних» принтерах обычно значительно длиннее, чем нужно. Из-за этого точка плавления пластика смещается то в холодную зону, то в горячую, а это первый шаг к провалу.

Простой и рациональный способ охлаждения — применение радиатора. Но само по себе наличие радиатора накладывает ряд конструктивных неудобств. Это проблемы с его креплением, качеством соприкасающихся поверхностей, с подачей/отводом воздуха. С подачей воздуха отдельные нюансы: воздух, очевидно холодный, берётся либо из рабочей зоны, либо извне.

Первый способ гораздо проще — вентилятор размещается в непосредственной близости от радиатора. Однако это неприемлемо для печати инженерными пласти-

ками, так как для правильной усадки им требуется тёплый и сухой воздух.

Для этого в «домашних» 3D-принтерах используют подогреваемый стол, который локально греет воздух вблизи области печати. Но на практике всё это работает далеко не всегда.

Второй способ, с внешней подачей воздуха, накладывает ряд трудностей конструкторско-технологического характера, неминуемо увеличивающих стоимость принтера.

Долгие ночи на форумах помогли нам сделать выбор в пользу первого способа (рис. 1).

Мы заменили материал трубки термобарьера со стали на фторопласт. Этим мы хотели получить возможность сделать закрытую рабочую область с дополнительным обогревом. В итоге оно даже как-то работало, но всплыли разные проблемы с вытеканием пластика из соединений фторопласта с металлом. Дальше — только лучше. Мы обнаружили новые проблемы нашей головы: сопло неактивного материала цеплялось за свеженапечатанный материал. Нас снова ожидали долгие ночи на форумах.

Вскоре вторая версия головы уже была в наших руках (рис. 2). Она максимально переняла в себя всё из первой за исключением того, что экструдеры стали теперь непараллельными, появился развал и механизм качения, который попеременно один из экструдеров ставил вертикально.

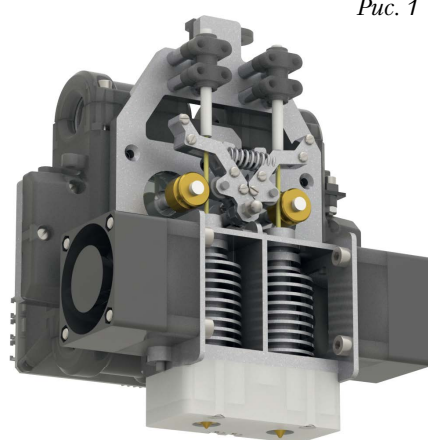


Рис. 1

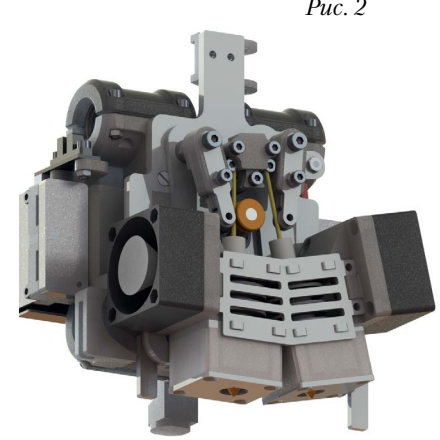


Рис. 2

При тестировании мы обнаружили, что разработанный термобарьер не выполнял своего прямого назначения — пластик постоянно залипал и сочился из всех щелей. Настал переломный момент, навсегда изменивший нашу стратегию и подход к делу.

После уймы проблем со второй версией бюджетной головы мы решили уйти от китайских комплектующих, уйти с форумов с обсуждением «домашних» принтеров и сосредоточить своё внимание на промышленный уровень.

Задача звучала чётко: создать 3D-принтер, который печатает любыми пластиками «из коробки» и не доставляет пользователю никаких проблем. Реализация такого наполеоновского плана ставила перед нами всё больше и больше инженерных задач. Нам требовалась серьёзная переработка конструкции.

Создание третьей версии головы (рис. 3) было лишь вопросом времени. Первый макет нового экструдера показывал существенный прирост скорости подачи материала. Отсутствие каких-либо проблем, например залипания пластика, позволяло говорить, что мы на правильном пути.

Рис. 3

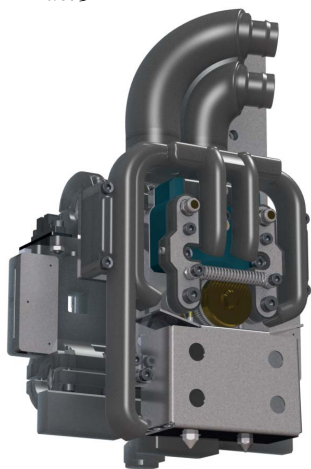
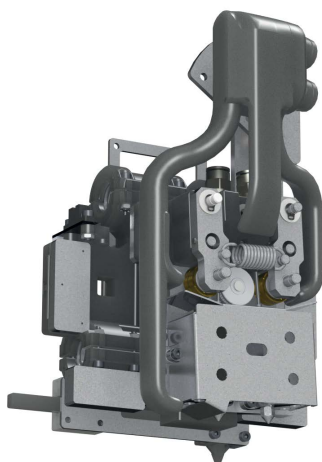


Рис. 4



Однако при испытаниях у нас получилось построить только один экструдер, второй по разным причинам переставал нормально функционировать. Причиной стала наша излишняя экономия. Из-за ограниченных ресурсов и желания максимально увеличить технологичность деталей оказалось, что диапазоны калибровки экструдеров недостаточны для одновременной работоспособности обоих. Это потребовало очередной переход к более точным, а следовательно, и дорогим деталям.

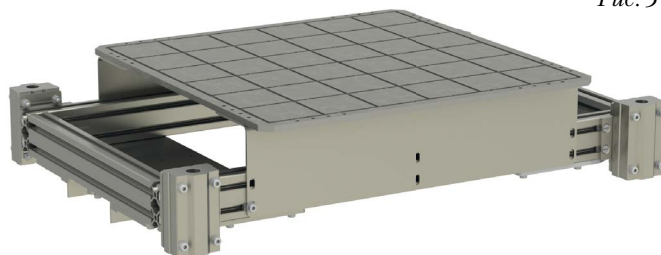
Четвёртая голова (рис. 4) получилась суровой, точной и дорогой, но, в отличие от всех прошлых версий, она работала. Теперь проблемы с печатной головой отступили с переднего плана и открыли нам все остальные.

Началась переработка печатного стола. Благодаря подогреву рабочей камеры мы отказались от его под-

грева. Наша задача «печатать из коробки» требовала уйти от калибровки стола пользователем, заменив на разовую калибровку при сборке. Благодаря этому на голове появился датчик для автоматического выравнивания минимальных отклонений программными средствами без участия пользователя. Именно этот датчик показал всю кривизну стола. Конструкцию стола потребовалось переделать, в очередной раз повышая стоимость.

Сейчас наш стол представляет собой фрезерованное алюминиевое основание с вакуумным захватом подложки. В настоящее время проводятся испытания с различными материалами для достижения лучшей адгезии пластика с подложкой.

Рис. 5



Началась разработка собственных сопел. Модернизация китайских сопел показала свою неэффективность в связи с их изначально низким качеством изготовления. Да и минимальное отверстие сопла — 0,2 мм — нас не устраивало. В настоящее время мы активно работаем над технологичностью сопел.

Сейчас наша голова с лёгкостью переключает активные экструдеры и печатает любым из них. Температура в рабочей камере стабильно держится в нужном диапазоне. Макет 3D-принтера полностью функционирует с точки зрения конструкции, но аппаратные и программные средства её требуют доработки. Дизайн и интерфейс управления также в процессе разработки.

Следующим этапом работы станет первый опытный образец, который планируется представить широкой публике. Тормозит разработку устоявшийся стереотип, что отечественных разработок нет, а если они и есть, то это калька с иностранных. Это мешает привлечению инвесторов и приводит к практически полному отсутствию внешнего финансирования. Несмотря на это, наша работа продолжается, а надежда на создание 3D-принтера, полностью разработанного и изготовленного в нашей стране, уже давно не кажется фантастикой. ■



3DVISION

Центр Объемной Печати

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>

Сухое электрохимическое полирование для обработки изделий после 3D-печати

Парфенов Дмитрий Андреевич, Евгений Кузьмин, TopStanok

Постобработка деталей является одной из основных стадий процесса аддитивного производства и на текущий момент самой трудоемкой.

По статистике, постобработка занимает от 30 до 70 % времени, потраченного на весь процесс аддитивного производства. Одной из основных причин такого распределения времени является то, что постобработка практически всегда выполняется вручную. Это позволяет сделать вывод, что узкое место аддитивного производства заключается в постобработке изделия, а не в его печати.

На текущий момент все технологии постобработки сосредоточены над решением двух основных задач: улучшения качества поверхности и удаления поддержек.

В конце 2017 года была представлена уникальная технология по улучшению качества поверхности — DryLyte, о ней здесь и пойдет речь.

DryLyte — это технология сухого электрохимического шлифования и полирования металлических изделий с помощью переноса ионов металла посредством свободных твердых тел (рис. 1). Отличительной особенностью и уникальностью DryLyte является то, что жидкости не используются в качестве электролитов. Также, в отличие от традиционного способа полирования, обработка по технологии DryLyte сохраняет исходные формы изделия, включая углы и режущие кромки, происходит процесс объемного шлифования и полирования, при котором обрабатывается вся поверхность детали, какую бы сложную геометрию она ни имела.

Технология DryLyte обеспечивает зеркальную поверхность высочайшего качества, обработку за один шаг (рис. 2) и, что самое важное, позволяет предварительно рассчитать затраты. В 2018 году DryLyte была удостоена самой престижной премии в области

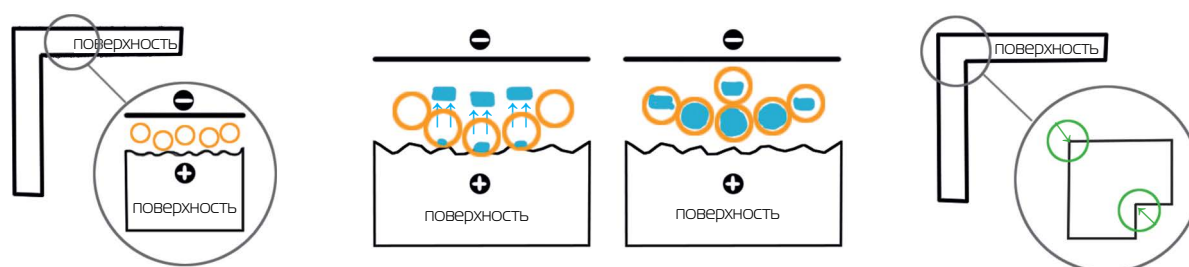
технологий для аддитивного производства за лучшее решение для постобработки — TCT Awards.

Генеральный директор компании TopStanok Евгений Андреевич Кузьмин поделился кейсом внедрения технологии DryLyte для обработки напечатанных стоматологических изделий.

В компанию обратилась международная стоматологическая компания 3DMED, деятельность которой сосредоточена на производстве систем исправления прикуса на основе собственных запатентованных технологий с использованием аддитивного производства взамен традиционного литейного.

Одно из выпускаемых изделий, систему зубных брекетов (рис. 3), компания производит с помощью SLM-печати. Сами изделия имеют размер немногим больше спичечной головки и достаточно сложную индивидуальную геометрию, исходящую из особенностей поверхности зубов пациента

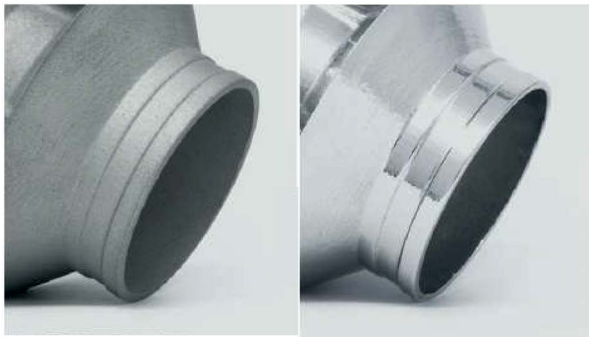
Рис. 1. Электрополирование металлических изделий по технологии DryLyte



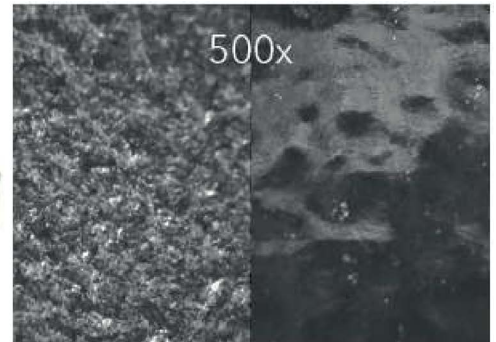
При обработке материал удаляется только с максимально шероховатых областей

При обработке не происходит скругление кромок и обеспечивается проникновение во все труднодоступные области

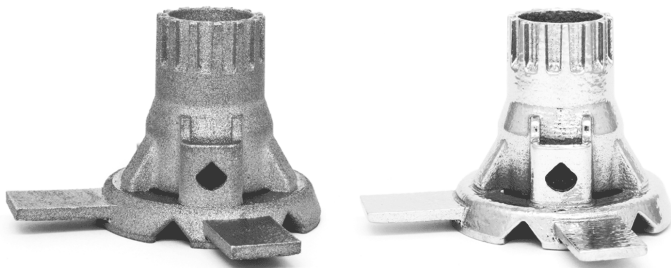
а) контргайка



б) лопатка



в)



г)

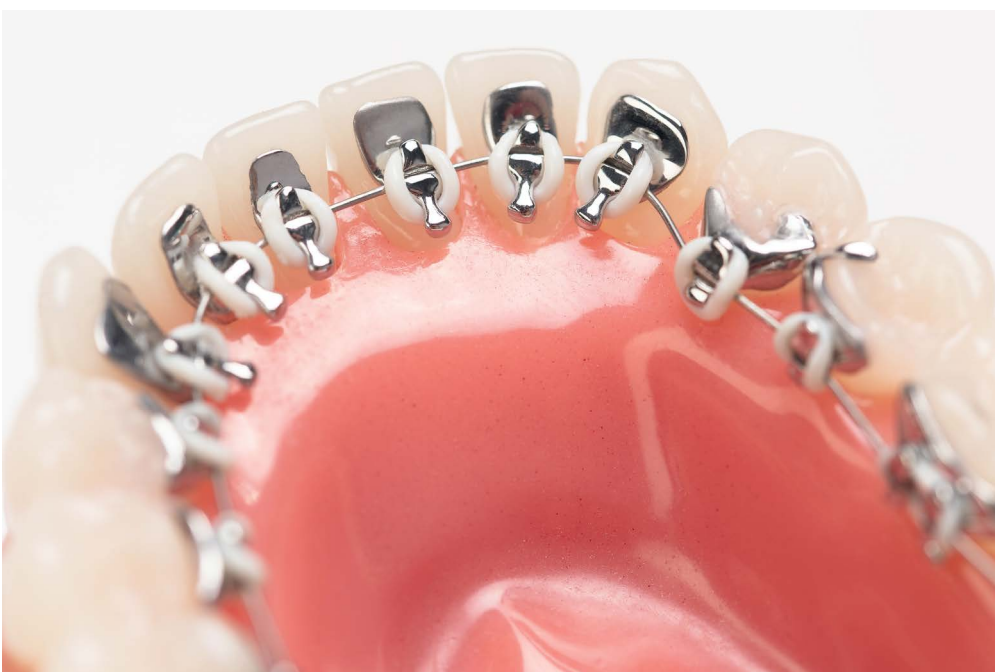


(рис. 4). Изделия устанавливаются непосредственно в ротовую полость и в связи с этим имеют высокие требования к финальному качеству поверхности и к безопасности.

Учитывая вышеперечисленные характеристики, полировка изделия производилась исключительно вручную и занимала боль-

шое количество времени. Этап приемки качества изделия также был временнзатратным, так как каждый раз оператор допускал различные ошибки в процессе полировки или, что еще хуже, совершал брак. В случае брака приходилось печатать новое изделие и еще сильнее затягивать и без того долгий процесс производства.

Рис. 3. Система зубных брекетов с напечатанными изделиями



Помимо этого компания попадала в большую зависимость от операторов постобработки: после их увольнения знания уходили вместе с сотрудниками, новых приходилось подолгу обучать. Оператор — достаточно подвижная категория специалистов, и делать это приходилось часто.

После очередного увольнения сотрудника компанией было принято решение искать автоматизированные решения для полировки, и она обратилась в TopStanok. Компания и ранее обращалась к различным специалистам, но на тот момент никто из инженеринговых компаний не смог предложить автоматизированное решение для полировки таких мелких и сложных изделий.

Задача от заказчика была достаточно тривиальная — автоматизировать весь процесс постобработки, минимизировать необходимость участия человека в процессе, повысить эффективность и получить стабильное качество обработки от изделия к изделию.

Мы предложили решение для массовой полировки изделий, установку сухого электрохимического полирования Dlyte. На тот момент у нас было реализовано несколько проектов и огромное количество технологических тестов, и мы достаточно точно могли спрогнозировать результат обработки. Единственной загвоздкой являлся держатель деталей для обработки 96 изделий за раз — примерно такое количество два оператора успевали обработать за день. Наши технологи совместно с производителем разработали новый, на базе стандартного ювелирного держателя, причем даже с удвоенной вместимостью, что актуально для растущей компании.

Приведем цифры по проекту.

Во-первых, удалось добиться шероховатости поверхности изделия на ответственных поверхностях Ra 0,08 мкм, ранее же, при ручной полировке, нельзя было даже приблизиться к таким цифрам. Во-вторых, впервые получилось отполировать замок изделия, до этого элемент не полировался ввиду труднодоступности.

Время обработки в пересчете на единицу изделия сократилось более, чем в 5 раз: с 5 минут до 56 секунд. Сократилась в 3,36 раза стоимость полировки единицы изделия (без учета амортизации) при недельном объеме полирования 480 единиц. При увеличении недельного объема производства до 960 единиц и использовании увеличенного держателя стоимость сокращалась в 6,23 раза. Это позволило обрабатывать за один рабочий день весь объем напечатанных за неделю изделий и освободить оператору 32 часа в неделю для реализации других задач. Этап приемки качества полирования партии изделий сократился до 5 минут на всю партию.

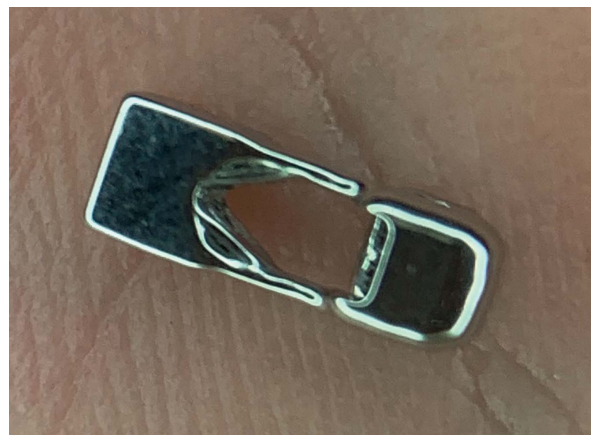
Таким образом, производственный цикл существенно сократился, а производительность выросла. Это позволило внедрить дополнительную линейку изделий, более дешевого ценового диапазона. Данная линейка долгое время была в планах компании, но ее ввод подразумевал существенное увеличение штата операторов, что влекло за собой дополнительные организационные сложности и расходы в связи с этим реализация проекта была отложена.

В результате проделанной работы был получен полностью автоматизированный, а самое важное, прогнозируемый процесс полировки изделия, стандартное качество от изделия к изделию независимо от партии.

В данном кейсе была использована самая маленькая установка Dlyte серии 1 с объемом рабочей зоны 6 литров. Для сравнения — самая большая установка Dlyte больше описанной в 200 раз и имеет объем рабочей зоны 1200 литров.

Проведя огромное количество технологических тестов, мы можем с уверенностью заявить, что Dlyte — универсальный инструмент для финальной обработки и подходит как для полировки мелких изделий ювелирного типа, так и для партий крупногабаритных изделий, как, например, лопатка турбины. ■

Рис. 4. Напечатанное металлическое изделие до и после обработки по технологии DryLyte



Фотополимерная печать в цифровой стоматологии

Александр Юрасов, HARZ Labs, info@harzlabs.ru

Последние годы 3D печать в стоматологии приобретает все больший размах, и множество лабораторий уже перешло на цифровой протокол. Это позволяет увеличить качество исполнения некоторых видов работ с одновременным снижением себестоимости и увеличением скорости получения готового продукта.

Основные направления развития 3D печати в стоматологии лежат в плоскости изготовления хирургических шаблонов для планирования операций, временных коронок и мостов, а также модельных материалов для термоформовки элайнеров.

Представитель российской компании HARZ Labs по производству материалов для 3D печати так характеризует рынок фотополимеров следующим образом:

«Мы работаем не только на российский рынок, наша продукция пользуется спросом в Европе, США, Египте, Японии и многих других странах, это позволяет получить представление об уровне использования материалов в стоматологии по всему миру. Мы можем уверенно сказать, что рынок настольной фотополимерной печати в России растет действительно быстрыми темпами.

Модель для
термоформовки
элайнеров



Среди самых востребованных продуктов стоит отметить линейку биосовместимых фотополимеров HARZ Labs Dental, которая специально создана для активно развивающегося рынка цифровой стоматологии. Использование 3D-технологий уже сейчас заметно ускоряет и облегчает работу врачей, а также помогает достигать нового уровня точности при планировании операций или изготовлении моделей.

Необходимо учитывать специфику конечных изделий при разработке фотополимеров. Так, например, материал Dental Sand A1-A2 является не просто керамонаполненным полимером для временных коронок и мостов, но и обладает способностью менять свой оттенок в зависимости от постобработки для более естественного соответствия цвету зубов пациента. Dental Yellow Clear, наоборот, производится без наполнения и гораздо более жидкий, что позволяет быстро печатать точные хирургические шаблоны, в которые вклеиваются специальные металлические направляющие.

Альвеолярная
модель



Если говорить об объемах продаж, то наиболее востребованный полимер — это Dental Peach для изготовления моделей под термоформовку. Особенностью полимера является его устойчивость к температурам, при которых формируется пленка элайнера, которая не только обеспечивает идеальную посадку, но и при необходимости позволяет использовать модель повторно».

К этому стоит добавить, что, как и в прошлом году, компания представит текущие продукты и новые разработки на стенде компании на выставке Formnext 2019 во Франкфурте. Там будут представлены новые разработки не только для настольной печати, но и для больших принтеров. Прозрачные биндеры и СМЭК для полноцветной печати по технологии CJP, промышленные фотополимеры, и анонсирована услуга по разработке фотополимера для промышленных фотополимерных принтеров. ■

Технология многоосевой FFF-печати

Битюшкова А. А., Торубаров И. С., ООО «Стереотек», info@ste3d.ru

Обзор

В настоящий момент 3D-принтеры активно внедряются в производственную сферу и применяются для изготовления моделей, прототипов и конечных изделий — элементов конструкций и деталей машин. Наиболее распространённой технологией 3D-печати является производство методом наплавления материала — Fused Filament Fabrication (FFF). Благодаря простоте и дешевизне технология FFF позволяет быстро и с низкими затратами производить мелкую серию уникальных объектов. Однако из-за слоистой структуры конечные изделия имеют низкую прочность в направлении, перпендикулярном слоям, что не позволяет использовать эту технологию для производства конечных изделий. Фирмы—производители FFF-установок используют различные решения для устранения проблем 3D-печати. Например, возможна оптимизация условий и параметров процесса. Также применение нашло использование высокотемпературных инженерных полимеров с улучшенными (по сравнению с модельными пластиками) физико-химическими свойствами (например, РЕЕК-пластик). Ещё один способ повышения прочности печатных изделий — армирование непрерывным углеволокном во время печати. Такое решение реализует несколько компаний (Anisoprint, Markforged).

Проблематика

Однако описанные подходы по-прежнему основываются

на стандартной FFF-технологии и не устраняют основную причину низкой прочности изделий: вплавление непрерывного углеволокна происходит только в пределах плоских слоев, а межслойная прочность по-прежнему определяется только свойствами связующего материала. В итоге имеет место прирост прочности в плоскости слоя, тогда как в направлении, перпендикулярном слоям, характеристики изделия не изменяются. Такое решение не может служить полноценной заменой традиционному способу производства: даже если правильно расположить армированную деталь по отношению к типовым нагрузкам, сохраняется риск её выхода из строя при нештатной ситуации.

В связи с этим наиболее многообещающим способом повышения прочностных свойств является выращивание объекта из пространственных, а не плоских слоёв, что может быть реализовано с помощью многоосевой печати. Использование слоя в форме сложной трёхмерной поверхности само по себе обеспечивает более равномерное сопротивление линейным нагрузкам, приложенным в любых направлениях. Применение же армирования в сочетании с многоосевой печатью позволит сформировать внутри объекта каркас из переплетённых углеволоконных нитей и в результате получать изделия с квазиизотропными (т.е. проявляющими изотропные свойства при приложении простых линейных нагрузок во всех направлениях) прочностными свойствами, ко-

торые составят рациональную альтернативу дорогостоящим и тяжёлым алюминиевым деталям. Такой подход существенно расширяет область применения композитных аддитивных технологий.

Однако при многоосевой печати возникает проблема автоматизации подготовки изделия. На текущий момент все решения для многоосевой печати основаны на ПО Siemens NX, которое требует после проектирования изделия в своей САД-среде производить ручную разбивку изделия на производственные части и назначать способ обработки каждой части изделия. Это предполагает высокую квалификацию оператора и наличие на предприятии ПО Siemens NX, что ведет к повышенной стоимости оборудования из-за приобретения лицензии на ПО. На сегодняшний день нам неизвестны аналоги, способные автоматически подготавливать изделие к многоосевой печати.

Решение

Компания «Стереотек» разработала технологию многоосевой печати 5D tech, реализующую печать изделий пространственными слоями для обеспечения повышенных по сравнению со стандартной 3D-печатью прочностных свойств.

Её суть заключается в создании изделия не плоскими, как в обычных 3D-принтерах, а пространственными слоями. Нанесение нитей материала в форме произвольной трёхмерной

поверхности позволяет получить прирост в прочности по сравнению со стандартной 3D-печатью за счёт того, что полимерная нить в направлении ориентации имеет большую прочность, чем когезионное соединение между отдельными нитями. Укладка материала в виде произвольных неплоских слоёв возможна только при использовании многоосевой печати (по меньшей мере, пятиосевой, с применением трёх линейных и двух угловых управляемых координат). Для отличия производимых изделий от напечатанных на 3D-принтере введён термин 5D-печати (5D — 5 degrees of freedom, 5 степеней свободы).

Процесс печати по технологии 5D tech производится в несколько этапов. На первом этапе на основании, расположенное параллельно оси Z, при помощи печатающей головки наносится поддерживающая оснастка, аналогичная рафту при стандартной 3D-печати. Далее способом обыкновенной технологии 3D-печати создаётся сердечник цилиндрической формы с верхушкой, повторяющей форму изделия. Затем сердечник располагается параллельно оси Y (рис. 1а), и путём навивки нитей материала вокруг него формируется основная часть изделия (рис. 1б) в виде множества пространственных слоёв (например,

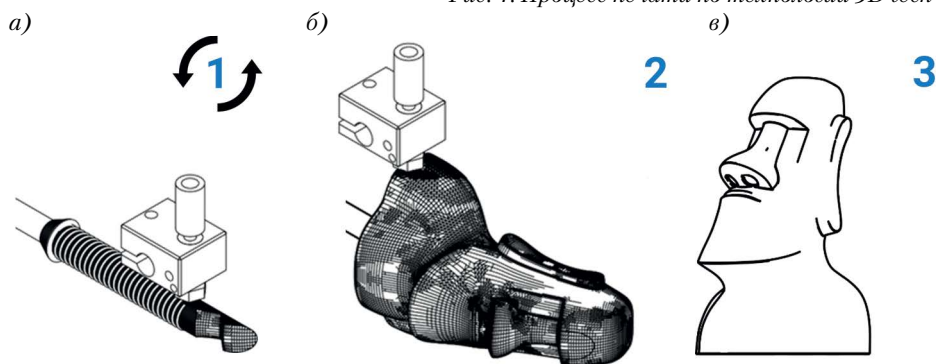


Рис. 1. Процесс печати по технологии 5D tech

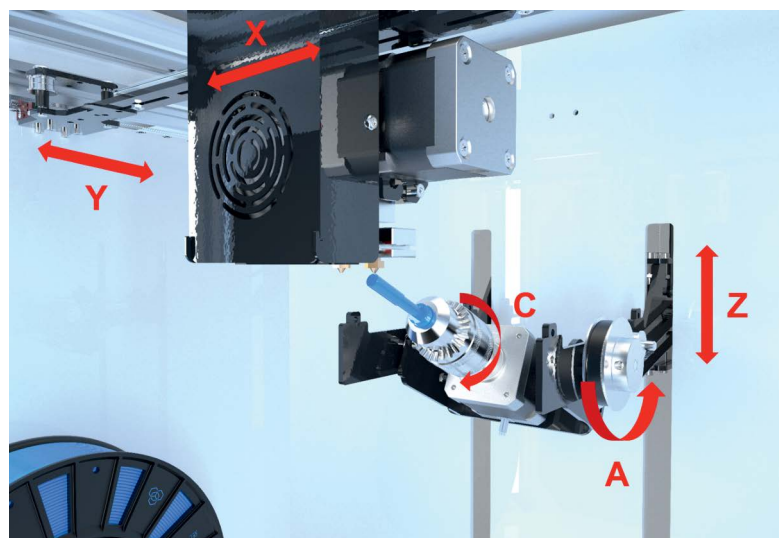
цилиндрических). В конце печати изделие отделяется от оснастки, которая была создана на первом этапе (рис 1в).

Конструкция разработанного пятиосевого 3D-принтера с технологией 5D tech (рис. 2) включает в себя печатающую головку с кинематической системой, включающей два ременных контура, для линейных перемещений экструдера по осям X и Y и наклонно-поворотный модуль, обеспечивающий линейное перемещение изделия по оси Z и угловые перемещения по двум координатам — его наклон вокруг оси A и поворот вокруг оси C, что делает возможным нанесение материала в виде пространственных слоёв.

На рис. 3 представлен 5D-принтер STE 520, разработанный и созданный для внедрения технологии многоосевой печати в производство.

Подготовка управляющих программ для 5D-печати производится с помощью специализированного программного обеспечения STE Slicer (рис. 4), обеспечивающего расчёт координат начала и окончания путей перемещения печатающей головки при нанесении криволинейных нитей материала и генерацию G-кода. Алгоритмы позволяют автоматически подготовить изделия к многоосевой печати, используя при этом формат данных, не привязанный к CAD-программе (stl). STE Slicer поддерживает возможность подготовки управляющих программ как для 5D-принтера, так и для стандартного 3D-принтера. ПО проводит подготовку моделей изделий и поддерживает различные режимы многоосевой печати.

Программа содержит следующие элементы: 1 — основное меню, 2 — меню переключения профиля



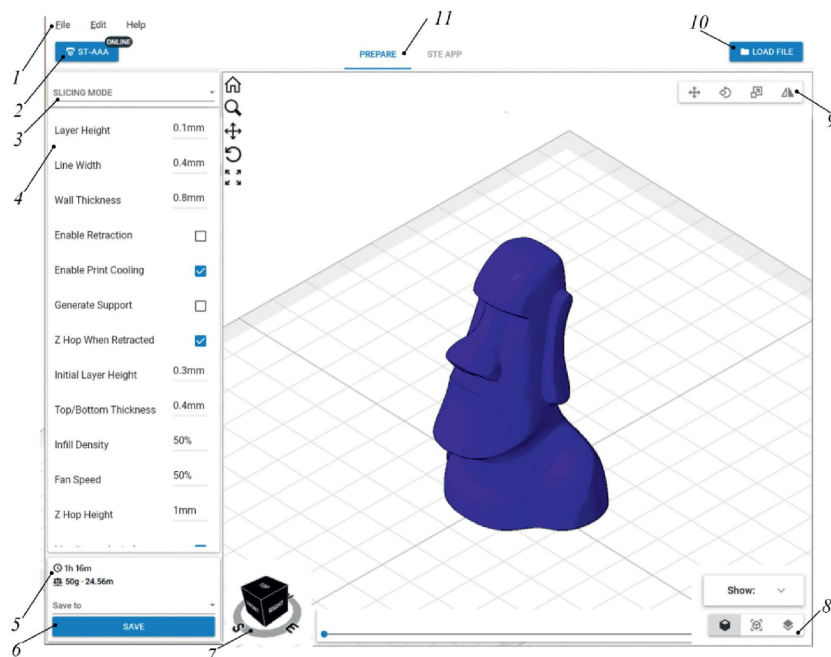
← Рис. 2. Рабочие органы 5D-принтера

Рис. 3. 5D-принтер STE 520



принтера, 3 – выбор режима печати, 4 – настройки печати, 5 – расчёт времени и расхода материала, 6 – сохранение задания на печать, 7 – видовой куб, 8 – переключение режимов отображения, 9 – панель редактирования модели, 10 – кнопка загрузки модели в программу, 11 – переключение на панель мониторинга печати.

Рис. 4. Интерфейс STE Slicer.



Также было разработано приложение для управления процессом печати – STE App. С его помощью происходит управление 3D- и 5D-принтерами через единый интерфейс с возможностью планирования заданий печати и резервации принтеров (рис. 5).

Рис. 5. Интерфейс STE App.

Технология обладает рядом преимуществ:

- исключает необходимость печати «поддержек» для получения нависающих элементов, тем самым сокращается время печати;
- увеличивает скорость печати до двух раз благодаря оптимизации путей перемещения;
- открывает возможность создания слоёв сложной формы для улучшения механических свойств готового продукта.

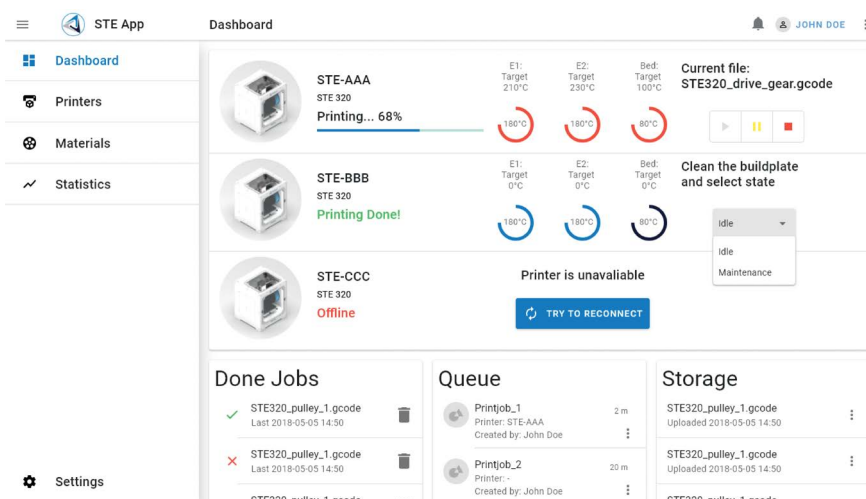


Рис. 6. Результаты сравнения механических свойств детали типа тела вращения: а) полученной методом стандартной 3D-печати; б) полученной методом 5D-печати

Исследование

Преимущество разработанной технологии перед традиционной печатью плоскими слоями хорошо иллюстрируется на примере следующего образца: на рис. 6а изображены 3D-печатные образцы, а на рис. 6б – 5D-печатный. При испытаниях нагрузка была приложена к выступающим цилиндрическим «рожкам» изделия перпендикулярно к его оси (рис. 7). В первом случае разрушение происходило за короткий промежуток времени при приложении нагрузки около 40 кг. В то же время во втором случае наблюдался надлом части пространственных слоёв при нагрузке около 130 кг, причём, несмотря на появление дефекта, образец сохранял целостность и не потерял работоспо-

а)



б)



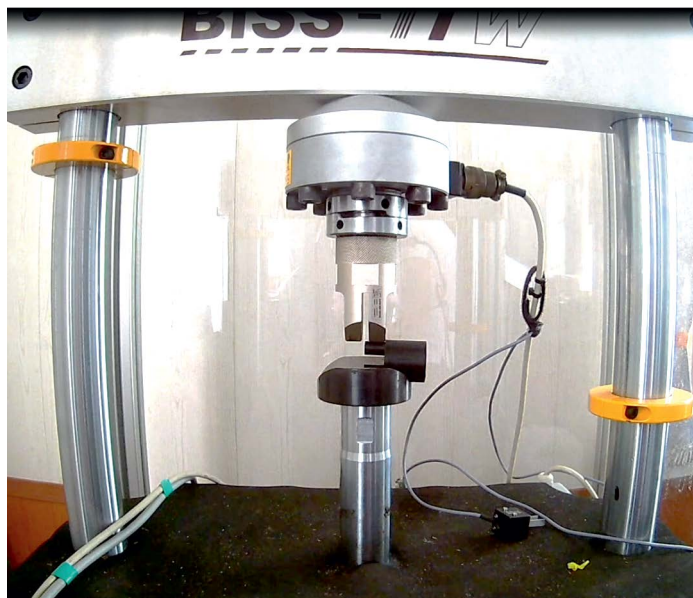
способность, в отличие от полученного методом стандартной печати.

Выводы

Сравнение полученных значений со справочным показателем прочности литых изделий показало прирост прочности 5D-изделий по отношению к литым на 32% (данные по прочности 5D- и 3D-образцов получены в ходе сравнительных испытаний, данные по свойствам литого ABS-пластика взяты с сайта <http://himcompany.com/>).

Таким образом, технология многоосевой FFF-печати позволяет произвести «самоармирование» изделия за счет ориентирования полимерных нитей в виде пространственных слоев, что обеспечивает 4-кратное увеличение прочности по сравнению со стандартной FFF-печатью. Дополнительное армирование непрерывным углеволокном позволит производить сложные композитные изделия любой формы, по прочности превышающие аналогичные алюминиевые детали при одновременном снижении её массы. Технология многоосевой печати может найти применение в различных сферах производства для изготовления изделий про-

Рис. 7. Расположение образца при испытаниях



извольной формы (рис. 8): автомобилестроение, робототехника, строительство, авиация и ракетостроение, протезирование, оборонная промышленность.

Технология многоосевой FFF-печати 5D tech прошла апробацию на высоком уровне. В феврале 2019 г. проект стал победителем всероссийского конкурса S7 Startup Challenge. Организаторами конкурса выступили авиакорпорация «S7 Group» совместно с фондом «Сколково».

А в августе 2019 г. проект был презентован на Международном авиационно-космическом салоне и представлен ведущим авиационным и оборонным предприятиям страны, в том числе структурам Объединенной авиационно-космической корпорации (ОАК) и концерна «Алмаз-Антей». Разработку высоко оценил генеральный директор ПАО «Авиационный комплекс имени С. В. Ильюшина» Юрий Грудинин. ■

Рис. 8. Примеры изделий, полученных по технологии 5D tech





КОМПОЗИТ-ЭКСПО

Тринадцатая международная специализированная выставка

21 - 23 апреля, 2020

Россия, Москва,
ЦВК «Экспоцентр», павильон 1



Основные разделы выставки:

- Сырье для производства композитных материалов, компоненты: смолы, добавки, термопластики, углеродное волокно и т.д.
- Наполнители и модификаторы
- Стеклопластик, углепластик, графитопластик, базальтопластик, базальтовые волокна, древесно-полимерный композит (ДПК) и т.д.
- Полуфабрикаты (препреги)
- Промышленные (готовые) изделия из композитных материалов
- Технологии производства композитных материалов со специальными и заданными свойствами
- Оборудование и технологическая оснастка для производства композитных материалов
- Инструмент для обработки композитных материалов
- Измерительное и испытательное оборудование
- Сертификация, технический регламент
- Компьютерное моделирование
- Утилизация



выставка
участник
системы



независимый
выставочный
аудит

Параллельно проводится выставка:

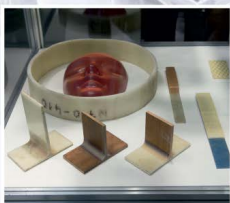


ПОЛИУРЕТАНЭКС

Двенадцатая международная специализированная выставка
www.polyurethanex.ru



Специальный
раздел:
**КЛЕИ И
ГЕРМЕТИКИ**



Информационная поддержка:



Дирекция:

Выставочная Компания «Мир-Экспо»
115230, Россия, Москва, Хлебозаводский проезд,
дом 7, строение 10, офис 507 | Тел.: 8 495 988-1620
E-mail: info@composite-expo.ru | Сайт: www.composite-expo.ru

YouTube [youtube.com/user/compoexporusia](https://www.youtube.com/user/compoexporusia) @compoexporus

Организаторы:





МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



Главное событие отрасли
в России и странах СНГ

ФОТОНИКА МИР ЛАЗЕРОВ И ОПТИКИ

31 марта – 3 апреля 2020

При поддержке Министерства
промышленности и торговли РФ

Под патронатом ТТП РФ



Реклама 12+



15-я юбилейная международная
специализированная выставка
лазерной, оптической
и оптоэлектронной техники

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





ЛАЗЕРНАЯ АССОЦИАЦИЯ



РИТМ

МАШИНОСТРОЕНИЯ

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

 [ritmmagazine](#)
 [rhythm_of_machinery](#)