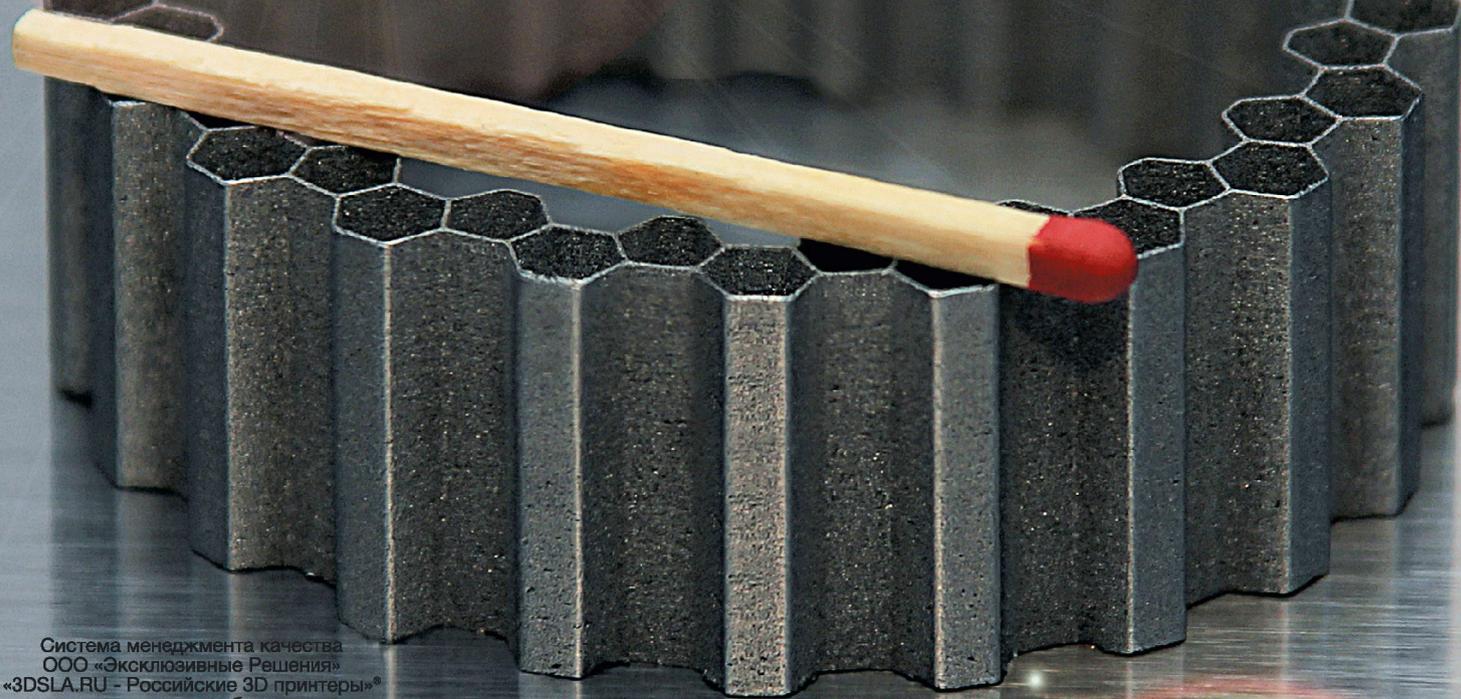




АДДИТИВНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ



Система менеджмента качества
ООО «Эксклюзивные Решения»
«3DSL.A.RU - Российские 3D принтеры»
соответствует требованиям
ГОСТ Р ИСО 9001-2015 (ISO 9001:2015)



RussianSLMTM
3DSL.A.RU – российские 3D-принтеры[®]

3D-принтер для печати металлами российского производства

- * Толщина стенки распечатанного изделия составляет: 0.09 мм (90 микрон)
- ** 3D-принтеры RussianSLM работают на сферических и несферических порошках
- *** материал изделия: нержавеющая сталь 410L

Произведено в Санкт-Петербурге:
ООО «Эксклюзивные Решения»

www.3dsla.ru
+7 (812) 929-8765
+7 (812) 373-3311
info@3dsla.ru



3D-печать
в производстве
ракетно-
космической
техники
30



Прямое лазерное
выращивание –
прорыв
в изготовлении
крупногабаритных
изделий
32



CLIP-технология:
материалы и их
применение
36

при поддержке

formnext 

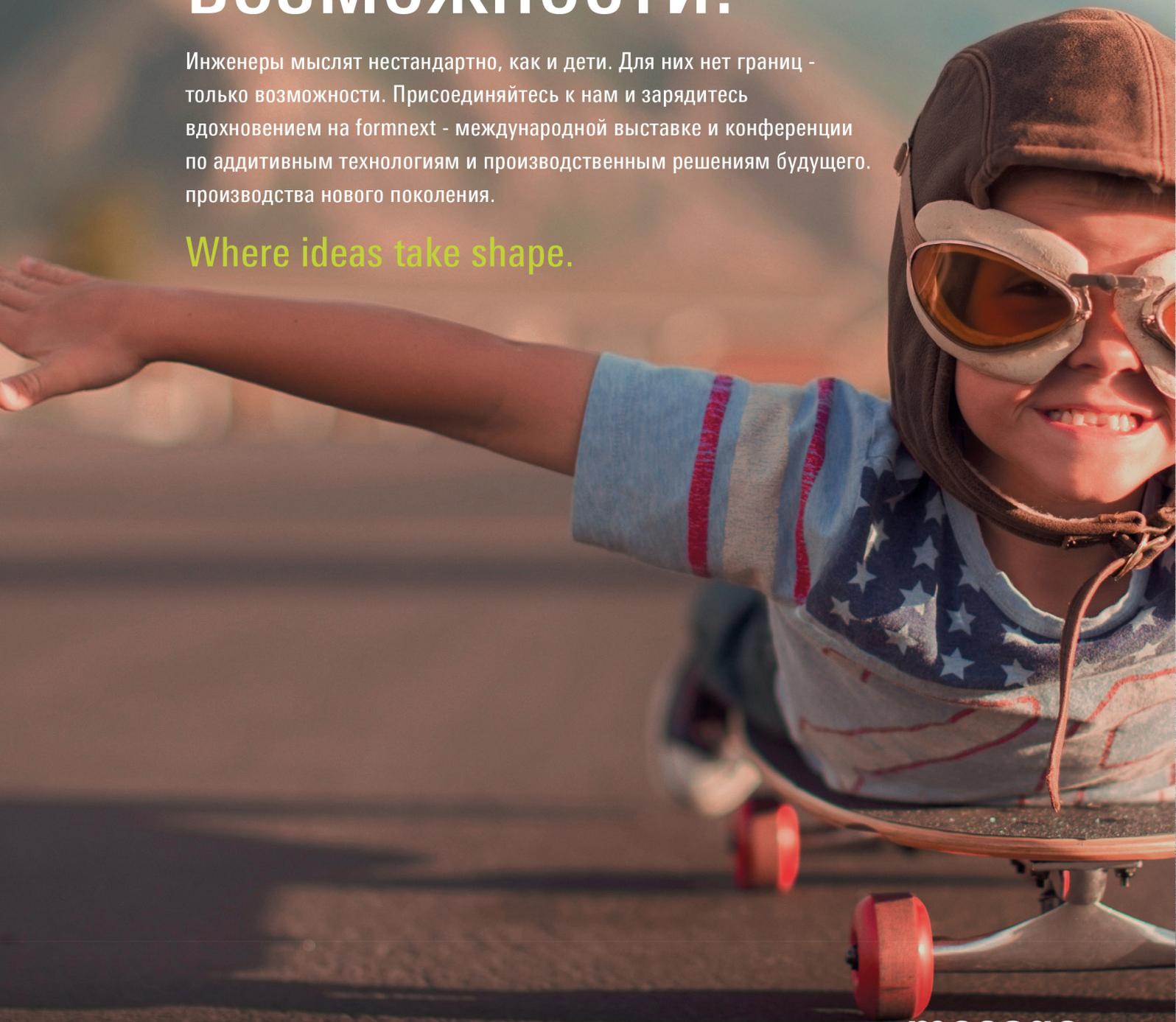
Франкфурт, Германия, 14 – 17 ноября 2017

formnext.de

Безграничные ВОЗМОЖНОСТИ.

Инженеры мыслят нестандартно, как и дети. Для них нет границ - только возможности. Присоединяйтесь к нам и зарядитесь вдохновением на formnext - международной выставке и конференции по аддитивным технологиям и производственным решениям будущего. производства нового поколения.

Where ideas take shape.



 @formnext_expo
#formnext

mesago
Messe Frankfurt Group



Настольные 3D-принтеры высокого разрешения

- Лучшее качество поверхности в своем классе
- Печать высокоэффективными полимерами и стандартными материалами

 **MASS PORTAL®**

ООО «Шевалье.ру»
129626, Москва, ул. 2-я Мытищинская
д. 2, стр. 1, оф. 502
(495) 967-55-62, 755-77-31, 755-58-10
www.mass-portal.ru
info@mass-portal.ru



24



26



36

СОДЕРЖАНИЕ

- 12 Создание фабрики будущего
- 15 Развитие аддитивных технологий в России
- 18 Как подготовить компанию к цифровому будущему
- 22 3D-революция: как аддитивные технологии меняют окружающий мир
- 24 Новые возможности литейного производства с применением промышленных 3D-принтеров
- 26 Новый материал для литейных производств
- 30 3D-печать в производстве ракетно-космической техники
- 32 Прямое лазерное выращивание – прорыв в изготовлении крупногабаритных изделий
- 36 CLIP-технология: материалы и их применение

Издатель ООО «ПРОМЕДИА»

директор О. Фалина

главный редактор

М. Копытина

отдел редакции:

Т. Карпова

З. Сацкая, С. Куликова

Е. Ерошкина

консультант:

Максимов Н.М.

nikamax@gmail.com

отдел рекламы

т/ф (499) 55-9999-8

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

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

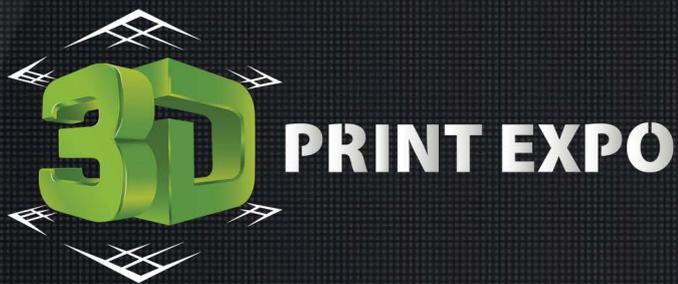
Тираж 5000 экз.

Распространяется бесплатно.

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.



МОСКВА

• КВЦ «Сокольники» •

13-14 октября

3D Print Expo 2017 — пятая международная выставка передовых технологий 3D-печати и сканирования.

ВАС ЖДЁТ:

- презентация прогресса 3D-печати за последний год;
- неординарные экспонаты;
- конференция;
- полезные мастер-классы;
- яркая шоу-программа;
- конкурсы;
- подарки.



3d-expo.ru

+7 (495) 212-11-28

Организатор



3D-печать запчастей

Трехмерная печать набирает популярность в автомобильной отрасли и все большее число производителей автомобилей на сегодняшний день стремится расширить спектр предоставляемых услуг. Недавно в список таких компаний вошел Volkswagen, предложивший новый проект, согласно которому 3D-печать будет использоваться как основной способ производства запасных частей для автомобилей. Такое решение сейчас особенно актуально, так как многие классические автомобили рискуют стать частью истории ввиду сложностей при поиске замены и быстрого износа деталей. На данный момент трехмерная печать используется в компании Volkswagen Group только в области разработки прототипов и создания оборудования.



www.3ders.org

Для выращивания крупных деталей

Компания Prodways (Франция) представила технологию 3D-печати крупных изделий из титановых сплавов.

Суть технологии RAF (Rapid Additive Forging) заключается в использовании робота, который доставляет головку с расплавом металла в нужное место, где в атмосфере инертного газа происходит послойное выращивание детали. При этом экономится до 95% материала в сравнении с традиционной металлообработкой. Сейчас оборудование позволяет создавать детали размером более 700 мм. Следующее поколение машин компания Prodways Group создает для печати деталей размером до 2 метров в длину. Уникальная технология осаждения металлов позволяет получать высокое качество изделий и обеспечить повторяемость результатов. Исследование образцов показывает отсутствие пористости и большую механическую прочность в сравнении с методами трехмерной металлической печати с использованием лазерного или электронно-лучевого спекания.

Наиболее интересна технология RAF может быть в авиационной промышленности, где с ее помощью можно изготавливать до 50% титановых изделий.

<http://www.prodways.com>

SolidScape®
High Precision 3D Printers

Прецизионные
3D-принтеры

Когда
требуется
Точность



125466, Москва, Ворытинская улица, 5
Тел.: +74957401109
info@nikarus.com, www.solid-parts.ru

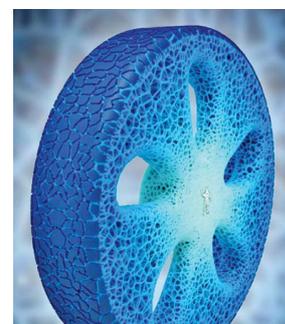


Шины без воздуха

Компания Michelin видит будущее за шинами без воздуха, отпечатанными на 3D-принтерах.

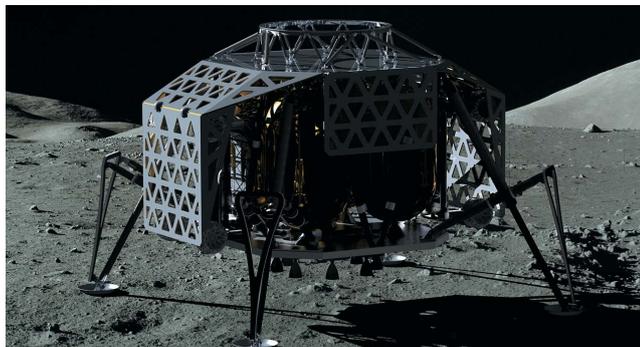
Печатная шина может быть адаптирована под разные условия эксплуатации, и срок ее службы может быть не менее жизненного цикла автомобиля. При этом бортовой компьютер автомобиля будет анализировать состояние протектора шины, погодные условия, нагрузку и проводить автоматическую подстройку шины.

Прототип концепции шины Michelin Visionary был представлен в июне в Монреале на международной конференции.



<http://www.michelin.com>

Автономный модуль ALINA доставит оборудование и будет обеспечивать навигацию на Луне



Лунная миссия 2018

На выставке Startupvillage в Сколково Robert Bohme, основатель и гендиректор компании, рассказал об амбициозном проекте, которым занимается его частная компания. Планируется доставить на поверхность Луны спускаемый аппарат туда, где уже ступала нога человека. Это будет начало большой программы освоения нашего спутника. Компания не зависит от правительства и ставит своей задачей решение экономических и исследовательских вопросов.

Проект лунохода был разработан совместно с компанией «Ауди», а основные узлы и детали были созданы в концепт-дизайн-студии компании с использованием АМ-технологий. В частности, на металлическом принтере SLM Solutions были напечатаны колеса лунохода весом менее 500 г каждое (в 4 раза легче такого же литого). Трудности, которые пришлось преодолеть дизайнерам, были связаны с охлаждением, поскольку на солнце температура +120°C, в тени –180°C. Материалы для изготовления лунохода – сплавы на основе алюминия и магния, обеспечивающие снижение веса, и они хорошо выдерживают радиацию.

Луноход Audi lunar quattro – две машины будут доставлены на Луну



<http://ptsScientists.com>

Успешное испытание

«Ученые Самарского университета испытали одну из ключевых деталей авиационного газотурбинного двигателя – камеру сгорания, «выращенную» с помощью технологий 3D-печати. Она была установлена и испытана на серийном образце малого газотурбинного двигателя ТА-8 (МГТД), используемого в качестве вспомогательной энергетической установки самолета ТУ-134», – говорится в сообщении пресс-службы Самарского университета имени Королева.

По традиционным технологиям для производства подобного изделия необходимо полгода, а на доводку (получение максимальных эксплуатационных характеристик) тратится около пяти лет. Применение аддитивных технологий позволяет производить детали сложной формы в короткие сроки практически без использования технологической оснастки.

Во время испытаний образцы деталей, напечатанные на 3D-принтере, показали соизмеримые свойства с деталями, получаемыми по традиционным технологиям. Следующий этап – проведение экспериментов по изготовлению для МГТД компрессора из титанового сплава и турбины из жаропрочного сплава.

Испытание камеры сгорания в составе серийного двигателя – это один из начальных этапов проекта по созданию линейки новых газотурбинных приводов для энергоустановок мощностью до 400 кВт, работающих на биотопливе.

<https://ria.ru>

Быстрее Конкорда



Компания Boom Supersonic совместно с гигантом Stratasys используют FDM-технологии (3D-принтеры Fortus 450mc и F370) для создания сверхзвукового самолета. Скорость его может достигать 2335 км/час, быстрее Конкорда.

Boom Supersonic уже собрал \$33 млн для создания сверхзвукового демонстратора XB-1, который будет готов в 2018 году.

<https://boomSupersonic.com/>

Российская разработка

17 мая на форуме U-NOVUS состоялась презентация первого в России 3D-принтера для аддитивного производства крупногабаритных металлических изделий размерами до 3 куб.м. Она прошла в рамках рабочего совещания межведомственного проектного офиса ФАНО России и госкорпорации «Роскосмос». На презентации присутствовали участники проекта по созданию электронно-лучевой аддитивной технологии (ЭЛАТ), которая лежит в основе работы принтера. Это Ракетно-космическая корпорация «Энергия», компания «ТЭТА», Институт физики прочности и материаловедения СО РАН и Томский политехнический университет.



ЭЛАТ — высокопроизводительная технология 3D-печати, позволяющая формировать изделия даже из трудносплавляемых сплавов (титана, тантала, вольфрама) со скоростью до 9 кг/ч. Полученное по данной технологии изделие обладает свойствами литого материала. Кроме того, процесс формирования детали происходит в вакууме, что позволяет работать со сплавами, которые «боятся» атмосферы.

«Такой принтер интересен с точки зрения себестоимости продукции. Она определяется стоимостью установки и самих материалов, дальше тратится только электроэнергия. Мы рассчитываем на сотрудничество с автопромом и авиапромом, потому что они зачастую делают тонкостенные детали из больших заготовок, когда 99% материала уходит в стружку», — пояснил председатель совета директоров НПК «ТЭТА» Григорий Семенов.

3D-принтер для производства крупногабаритных изделий — увеличенная до масштабов небольшой комнаты копия своего предшественника, который уже прошел испытание печатью металлических деталей.

<http://inotomsk.ru>

Печать тремя порошками

«Лаборатория аддитивных технологий и проектирования материалов закончит в начале 2018 года разработку первого в мире 3D-принтера, печатающего тремя металлическими порошками», — сообщили РИА Новости в Фонде перспективных исследований. Это совместный проект ФПИ, Минобрнауки, Нижегородского государственного университета и Научно-исследовательского физико-технического института ННГУ.

Как заявил на форуме технологического развития «Технопром-2017» руководитель лаборатории, директор НИФТИ ННГУ Владимир Чувильдеев, в настоящий момент такая машина существует и сегодня создаются программы, которые позволят получать на ней высокое качество изделий. «Разработчики смогут изготавливать 3D-принтеры под разные задачи, в частности для производства медицинских протезов. Машин, печатающих несколькими порошками, в мире пока нет. В Германии подобные разработки начали в 2016 году. У нас есть опережение, по крайней мере, на год», — добавил он.

www.ria.ru

Напечатанная антенна

Компания Optisys, производитель антенн для радиочастотного диапазона, создал первую антенну с использованием АМ технологий. Устройство, которое по традиционной технологии собиралось из сотни деталей, было напечатано как единый блок значительно меньшего веса и с экономией стоимости на 20–25% по производственным затратам и до 75% по материалам. Для сравнения затраты по времени изготовления были снижены с 11 месяцев до двух.

Компании удалось улучшить два важных параметра для антенн — снизить вес (на 95%) и уменьшить габариты.

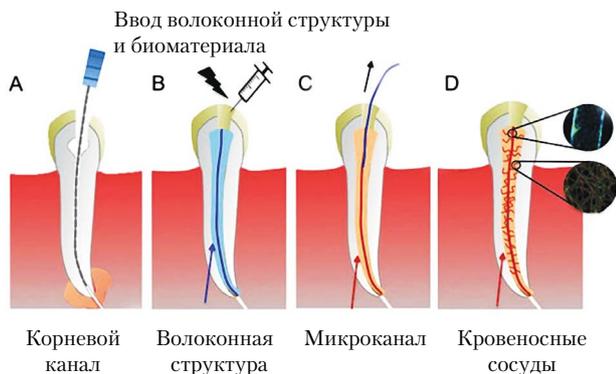


<http://www.3ders.org>

Восстановление зубов

Группа исследователей Университета Орегона (США) под руководством профессора Луиса Бертасони продемонстрировала новый метод улучшения терапии корневых каналов с использованием трехмерных печатных искусственных кровеносных сосудов. Инновационный процесс стимулирует рост корней и может помочь пациентам полностью сохранить свои зубы.

Рис. Последовательность операций по восстановлению зуба

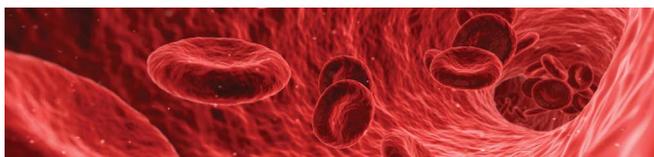


В процессе операции после очистки канала в него вводится волоконная структура из молекул сахара. Затем туда же вводится биоматериал, содержащий протеин и клетки зубной ткани. Сами микроканалы были изготовлены из волокон агарозы диаметром 500 мкм с помощью 3D-биопринтера. После чего волокна удаляются, оставляя после себя длинный канал. Уже через неделю было обнаружено, что внутри зуба образуются искусственные кровеносные сосуды и начинается рост клеток зуба. Другими словами, зуб восстанавливался.

<http://www.3ders.org>

Вырастить сосуды

Исследователи из Стэнфорда создают пластыри с нанесенным клеточным материалом для лечения ишемии, а именно для выращивания здоровых кровеносных сосудов. При этом с помощью 3D-биопринтера нужно было создать структуру, своеобразные леса, по которым выстраивается сеть сосудов.



<http://www.3ders.org>

ЛАЗЕРНЫЕ АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

СЕРИЯ
МЛ7



Станок для лазерной наплавки
и прямого выращивания
из металлического порошка

Разработано и произведено в России

Рабочий объем камеры построения
500×500×500 мм³

Координатно-кинематическая система на
базе линейных двигателей с
ферромагнитными якорями.

Трех- и пяти-координатная
кинематическая система

Головка для лазерной наплавки Precitec

Использование порошков российского
и иностранного производства

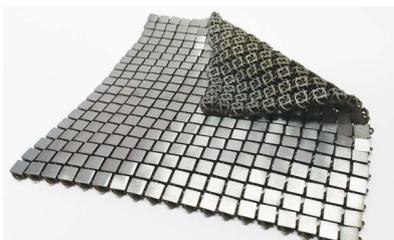
группа компаний
ЛАЗЕРЫ И АППАРАТУРА

www.laserapr.ru • sales@laserapr.ru • +7 499 731 20 19

Космическая ткань

В лаборатории реактивного движения (JPL) при NASA создаются необычные 3D-печатные металлические ткани для использования в космосе.

Плетеные металлические материалы могут найти применение в производстве больших антенн и других разворачиваемых космических конструкций, защиты космических кораблей от мусора и метеоритов, экранирования скафандров и обитаемых модулей.



Созданные прототипы напоминают кольчугу, обшитую небольшими металлическими пластинами. Вот только изготавливается такая «ткань» не вручную, а с помощью аддитивных технологий.

«Мы называем эту методику 4D-печатью, потому что она определяет и геометрию, и функциональность изделий. В XX веке промышленность крутилась вокруг массового производства, а это уже массовое производство функций,» — рассказывает Рауль Полит-Касийяс, инженер Лаборатории и потомственный дизайнер.

Ключевые качества продемонстрированных тканей — отражательная способность, пассивный контроль температуры, компактность в свернутом виде. Одна сторона ткани отражает свет, а другая поглощает, тем самым отводя избыточное тепло. Несмотря на гибкость и способность плотно облегать различные формы, ткань обладает высокой прочностью на разрыв.

<http://3dtoday.ru>

Исследование влияния прорывных технологий на современное промышленное производство, проведенное компанией Gartner, показало, что опрошенные руководители 388 компаний не видят особых преимуществ в использовании AM-технологий на своих предприятиях сейчас и в течение ближайших пяти лет. Такое же отношение у них и к другим модным технологиям типа искусственного интеллекта или блокчейна. Возможная причина такого негативного отношения к новым технологиям связана с тем, что большинство руководителей использует обрабо-

ЕМО 2017 – перспективы AM

Не только промышленность 4.0, но и Additive Manufacturing (AM) — теперь то, о чем толкует весь промышленный мир. Текущее исследование VDW показывает, что 3D печать — на сегодня все еще нишевой продукт в производстве, но отрасль растет по экспоненте. Эксперты ожидают, что это будет продолжаться в ближайшие годы. Технология уже применяется в автомобилестроении, медицине, а также в авиакосмической промышленности.

ЕМО Hannover 2017 покажет последние достижения AM в обработке металлов и даст общее представление посетителям, как производственный процесс AM соответствует другим этапам в цепочке с добавленной стоимостью. Прежде всего, это касается CAD и моделирования, техники измерений. Многие производители классических станков уже представляют гибриды и начинают интегрировать аддитивный метод в свои машины.

Во время выставки состоятся, как минимум, два события по теме AM.

20 сентября VDMA проведет конференцию «Перспективы AM», на которой шесть компаний представят свои решения и наиболее успешные практики по темам методы аддитивного производства и аддитивные производственные процессы.

Второе мероприятие запланировано под эгидой СЕСИМО (Европейский Комитет по Сотрудничеству Станкостроительной Промышленности) и осветит европейские совместные научно-исследовательские проекты.

<http://www.emo-hannover.de>

Результаты опроса

ные технологии производства, они живут в прошлой промышленной эре и привыкли оценивать новинки с точки зрения повышения производительности. Так, с мнением, что AM-технологии реально помогут трансформировать производство, согласны только 26 % опрошенных, 49 % считают AM таким же по влиянию, как и интернет вещей (IoT), т. е. потенциал у них есть, но реализуется не в ближайшем будущем. Forbes рекомендует таким компаниям вводить новые технологии постепенно, шаг за шагом, оценивая их вклад на каждом шаге.

<http://www.3ders.org>



Выставка-конференция 3D-технологий

14 апреля в Москве состоялась конференция Top 3D Expo, которая вызвала большой интерес как у производителей и потребителей новых технологий, так и бизнесменов, готовых к внедрению инноваций.

Собравшиеся узнали об аддитивных технологиях в России, тенденциях их развития в текущем году и новых продуктах, цифровом планировании производства в каждодневной практике на всех этапах, применении цифровых технологий 3D-печати и 3D-сканирования для повышения эффективности и рентабельности производства и др. В рамках конференции выступили представители компаний, занимающихся производством и реализацией 3D-оборудования и материалов: Top 3D Shop, PICASO 3D, REC, IMPRINTA, RangeVision, Roland. Помимо общей аддитивной направленности в этом году конференция имела и специальную тему — цифровая стоматология Dental Edition, в рамках которой выступавшие врачи рассказали о возможностях использования трехмерной печати в стоматологии для создания коронок,

зубных протезов и имплантов. Так, доклад «Цифровые оттиски. Будущее уже настало» главного врача стоматологического центра PerfectSmile (г. Санкт-Петербург) продемонстрировал реальные преимущества 3D-печати перед традиционными методами, применяемыми в протезировании. О современном зуботехническом фрезерном центре и новых возможностях CAD/CAM-технологий рассказал генеральный директор DentalCADCAM, основатель фрезерного центра Роман Буланов.

Неподдельный интерес вызвало проведение мастер-класса по 3D-печати и сканированию. Здесь все желающие смогли научиться пользоваться персональной аппаратурой и программами для 3D-печати.

То, что за перспективными технологиями будущее, уже ни у кого не вызывает сомнений. И уже сегодня они находят все больше применений практически во всех отраслях, где изготавливаются изделия из пластика, металла, керамики и цемента

<http://conf.top3dshop.ru/>

Конференция на «Калибре»

26 октября 2017 года на территории Технопарка «Калибр» состоится II международная конференция «Аддитивные технологии на российском рынке: от научных разработок к производству будущего».

Каков современный уровень развития 3D-технологий? Какой будет биопечать завтра? Что происходит в области компьютерного моделирования для аддитивного производства? Каковы новейшие тренды в промышленном дизайне? Как подготовить квалифицированные кадры для формирующейся отрасли? Возможен ли переход от 3D к 4D — технологиям? На эти и другие вопросы попытаются ответить в ходе живой дискуссии зарубежные и российские спикеры деловой программы, среди которых лидеры отрасли: ООО «ПрогрессТех», Stratasys, «АБ Универсал», Altair Engineering Inc., AM Ventures, ConceptLaser, МГТУ Станкин и др.

Благодаря трансформируемой площадке у участников будет уникальная возможность ознакомиться с выставочной экспозицией, не пропустив ни одного

выступления, и пообщаться со спикерами в неформальной обстановке в перерывах между тематическими треками.

«В России отрасль находится в активной стадии формирования и для настоящего технологического прорыва необходимо регулярное взаимодействие государства и делового сообщества. Надеюсь, что конференция станет ежегодным мероприятием, объединяющим на одной дискуссионной площадке как российских, так и зарубежных специалистов,» — отметил руководитель Технопарка «Калибр» Алексей Родос.

Контакты для участников:

Зарубина Кристина,
PR-директор, Технопарк Калибр
Тел./tel.: +7 (495) 730 09 37 доб./ext 3937
Моб./mob.: +7 (903) 279-25-18
E-mail: pr@kallibroao.ru



Новые центры аддитивных технологий

По мнению аналитиков, темпы роста рынка АМ-технологий в мире — 20% в год, и в период с 2015 по 2020 годы он вырастет с \$6 млрд до \$20 млрд. Спрос на услуги печати с использованием разных технологий АМ вызвал появление новых сервисных центров в технологически развитых регионах мира. Из недавно открытых или строящихся можно упомянуть следующие.

Model Solution создала центр по прототипированию в Силиконовой долине в США. Таким образом, компания может обеспечить своих клиентов техподдержкой 24 часа в сутки. В его услуги входит не только быстрая печать на оборудовании АМ, работающем по технологиям SLA, FDM, Polyjet, но и финишная обработка отпечатанных деталей. Первый свой сервисный центр АМ-компания открыла в Сеуле (Южная Корея).

В индийском штате Андхра Прадеш строится центр 3D-печати, в который будет инвестировано \$6 млн. Центр создается совместно с медицинской технологической зоной при поддержке правительства Индии и руководства штата с участием компании из Сингапура. Огромный растущий медицинский рынок (более \$5,5 млрд) сейчас покрывается на 75% импортными поставками оборудования и материалов. Задача центра — обеспечить производство медицинского оборудования с маркой «Make in India». Компания think3D на условиях лизинга обеспечит его современным АМ оборудованием, работающим по технологиям печати из металлических порошков SLS, SLA и биопечати, а также оборудованием для сканирования и инструментами для 3D-дизайна. По оценке компании 6W research, рынок 3D-печати в Индии достигнет \$62 млн к 2022 году.

Компания Immensa Technology Labs из Дубая объявила о запуске первого в стране центра АМ-технологий по развитию стратегии 3D-печати, утвержденной шейхом Mohammed Bin Rashid Al Maktoum, вице-президентом ОАЭ, премьер-министром и руководителем эмирата Дубай. Он оборудован всем необходимым для создания и изготовления качественных деталей, компонентов и прототипов для клиентов в различных отраслях промышленности. Используется широкий спектр современных технологий, включая технологии SLS, SLA, FDM, Material Jetting.

Японский производитель оборудования компания Yamazaki Mazak объявила о расширении своего 25-летнего присутствия в Сингапуре, где она открывает АМ-центр и создает завод по производству оборудо-

вания Mazak iSmart Factory. Компания планирует сконцентрироваться на высокоточных отраслях промышленности: аэрокосмической, нефтяной и газовой, секторе производства полупроводников.

Компании Spirit AeroSystems (США) и Norsk Titanium (Норвегия) объявили о сотрудничестве в производстве структурных титановых компонентов для аэрокосмической промышленности с использованием АМ-технологий. Norsk Titanium использует технологию плазменного нанесения для получения заготовки с минимальными припусками на финишную обработку, что позволяет экономить не менее 30% стоимости детали. Spirit AeroSystems сообщает, что не менее 30% всех своих титановых изделий они могут изготавливать с помощью АМ-технологий.

Компания Parker Hannifin Corporation, специализирующаяся на технологиях управления приводами, открыла новый современный производственный и обучающий центр в Огайо (США), где планируется развивать АМ совместно с робототехникой. По словам вице-президента компании Craig Maxwell: «Новый центр и инженерные таланты представляют хорошие инвестиции в будущее промышленности».

Если говорить о России, то можно отметить новый центр аддитивных технологий, который создается на территории «ОДК — Пермские моторы» совместно с «ОДК — Авиадвигатель». В настоящее время подготовлено помещение под новое оборудование: один станок установлен, и, согласно планировочному решению, ожидается еще восемь единиц техники. В 2018 году будет введено в действие еще одно помещение с большими машинами-принтерами для изготовления деталей малоэмиссионной камеры сгорания (МЭКС). Существует перечень деталей для изготовления по аддитивным технологиям, которые используются в авиадвигателе нового поколения ПД-14: завихритель камеры сгорания, премиксеры МЭКС для производства двигателей промышленного применения и др. В дальнейшем номенклатуру планируется расширить. Таким образом, в Перми будет налажено серийное производство деталей по самым новым прогрессивным технологиям.



Фото: www.pnz.ru

Цифровая эра машинного оборудования

С 9 по 13 октября 2018 года выставочный центр Fieramilano Rho (Италия, Милан) станет площадкой для очередной 31-й выставки BI-MU (Biennale Machine Utensili), крупнейшего события международного уровня в сфере металлорежущих и металлообрабатывающих станков, робототехники, автоматики, цифрового производства и вспомогательных технологий. Это первая и единственная в Италии торговая ярмарка международного масштаба, которая откроет возможности промышленного взаимодействия, уделив особое внимание интернету вещей (IoT), большим данным, кибербезопасности, облачным вычислениям, дополненной реальности, системным интеграторам, аддитивному производству, системам контроля и технического зрения.

В 2018 году Италия сможет дать первую оценку цифровому развитию в сфере машиностроения за последние два года. Также благодаря положениям национального плана «Индустрия 4.0» выставка BI-MU

станет естественной площадкой для освещения связи между миром производственных систем и цифровых технологий, предлагая углубленный анализ тенденций рынка и производственных моделей, выработанных на протяжении первых лет «четвертой промышленной революции».

При поддержке итальянской ассоциации производителей станков, робототехники и средств автоматизации «UCIMU – ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ» выставка BI-MU, организованная EFIM-ENTE FIERE ITALIANE MACCHINE, представит новый каталог продукции, охватывающей все решения, связанные с «фабрикой будущего» и множеством проектов, которые будут осуществляться на выставочной территории, созданной для преобразования торговой ярмарки в сбалансированное сочетание технологической выставки, тематических зон, информационно-развлекательных площадок и мест для проведения собраний.

www.bimu.it



3D-технологии в металлообработке

16 мая 2017 г. в рамках выставки «Металлообработка» компания iQB Technologies организовала конференцию, посвященную теме внедрения 3D-технологий

на промышленных предприятиях, представив мировые достижения и российские наработки в НИОКР и металлообрабатывающей промышленности.

Специалисты компании продемонстрировали возможности технологии выборочной лазерной плавки и прямого спекания металлов (SLM/DMS), начиная с изготовления единичных уникальных деталей до крупносерийного производства. Ими были представлены примеры решения задач в литейном производстве, позволяющие увеличить эффективность изготовления литейных моделей, мастер-моделей, литейных форм и оснастки. Поднимались вопросы актуальности прототипирования для оценки собираемости изделия и его эргономичности. Так, использование метода быстрого прототипирования при изготовлении пластиковых литевых деталей концерном «Океанприбор», Санкт-Петербург, позволило уменьшить затраты в разы, а срок изготовления мелкосерийных изделий сократился с полугода до двух недель.

Также обсуждались вопросы контроля качества изделий и реверс-инжиниринга на производстве при помощи 3D-сканирования. Обратное проектирование применяют при отсутствии чертежей на готовую деталь, при производстве уникальных запчастей и деталей, при создании отечественных аналогов зарубежного оборудования. На конкретных примерах из области машиностроения, автомобильной и авиационной промышленности было показано, как 3D-сканирование используется для контроля геометрии, эксплуатационного контроля, контроля оснастки. В результате за счет высокой точности измерений удается повысить качество изделия и, опять же, сократить временные затраты.

Завершилась конференция демонстрацией работы ручного 3D-сканера Creaform HandySCAN 700. Это устройство метрологического класса точности с самой высокой скоростью сканирования среди всех лазерных сканеров отличается простотой эксплуатации. HandySCAN 700 уникален тем, что является самопозиционирующимся прибором и генерирует поверхность сканируемого объекта в реальном времени, позволяя отслеживать процесс на дисплее и исключая склейку сканов.

Компания iQB Technologies, <http://iqb-tech.ru/>

Создание фабрики будущего

Татьяна Карпова

Рис. 1. Посещение НПО «Сатурн» президентом России В.В. Путиным.
Фото: www.kremlin.ru

Международный технологический форум «**Инновации. Технологии. Производство**» (МТФ-2017) прошел с 24 по 27 апреля 2017 г. в городе Рыбинске Ярославской области. Уже в четвертый раз его насыщенная деловая программа отражала новые разработки и тенденции развития в области передовых производственных технологий, заявленные в рамках **Национальной технической инициативы**.

Дополнительное внимание к городу и самому мероприятию было привлечено в связи с визитом президента России В.В. Путина, посетившего в дни работы форума легендарный завод газотурбинных двигателей **НПО «Сатурн»**. Глава государства ознакомился с образцами выпускаемой продукции (рис. 1), принял участие в церемонии запуска первого в России сборочно-испытательного комплекса газотурбинных агрегатов для морских программ, провел заседание Военно-промышленной комиссии и встречу с представителями деловых кругов Ярославской области. Но обо всем по порядку.

НТИ

Национальная технологическая инициатива (НТИ) — государственная программа мер по поддержке развития в России перспективных отраслей, которые в течение следующих двадцати лет могут стать основой мировой экономики. Разработка НТИ началась в соответствии с поручением



президента России В.В. Путина по реализации послания Федеральному Собранию от 4 декабря 2014 года. 14 февраля 2017 года на заседании президиума Совета при Президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию России была одобрена дорожная карта по направлению «Технет» (развитие и применение передовых производственных технологий). В ней подчеркивается, что для достижения долгосрочного конкурентного преимущества на рынке необходимо развивать не отдельные технологии, а системы комплексных технологических решений, обеспечивающих в кратчайшие сроки проектирование и производство конкурентоспособной продукции нового поколения. В терминологии дорожной карты они называются цифровыми, умными, виртуальными фабриками.

На этапе формирования фабрик будущего происходит и формирование новых ключевых компетенций, например: быстрое реагирование на запросы рынка или заказчика; использование системных подходов; формирование многоуровневой матрицы целевых показателей и ограничений как основы нового проектирования; разработка и валидация математических моделей; управление изменениями на протяжении всего жизненного цикла изделия; «цифровая сертификация». Так цифровая фабрика предполагает проектирование и управление жизненным циклом продукта, включая новую парадигму сертификации; умная — гибкое производство и массовую кастомизацию; виртуальная — создание ценности, глобальное сетевое производство и логистику. Запланированное количество цифровых

фабрик до 2025 г. — семнадцать, до 2035 г. — сорок. Предполагаемый эффект от их внедрения: снижение затрат — 10–50%, сокращение времени производства — до четырех раз, рост прибыли — до двух раз, увеличение числа новых продуктов — 50–70%, сокращение числа единиц оборудования — 7–15%, рост предсказуемости — до четырех раз.

Для этих целей дорожной картой «Технет» в 2017–2019 гг. предусмотрен запуск трех испытательных полигонов: на базе Института передовых производственных технологий СПбПУ с участием группы компаний CompMechLab; на базе НПО «Сатурн»; на базе Сколковского института науки и технологий и МГУ им. М. В. Ломоносова.

ЗАВОД

НПО «Сатурн» — один из лидеров авиационно-промышленного комплекса, специализируется на разработке, производстве и послепродажном обслуживании газотурбинных двигателей для военной и гражданской авиации, энергогенерирующих и газоперекачивающих установок, кораблей ВМФ России и гражданских судов. Работа по организации производства двигателей для боевых кораблей проводится в НПО «Сатурн» с 2014 года. Во время

визита В. В. Путин отметил, что фактически была создана новая отрасль и открытие испытательного комплекса позволит к 2018 году наладить собственное производство и обслуживание силовых установок для ВМФ России.

НПО «Сатурн» играет в «Технет» одну из ключевых ролей и готовится к созданию тестового полигона, который станет площадкой для внедрения новых технологий, способных приблизить предприятие к новому индустриальному укладу. В дорожной карте за НПО «Сатурн» закреплены направления по разработке прикладного программного комплекса для проектирования и анализа деталей из полимерных композиционных материалов с 3D-тканой армирующей внутренней структурой; разработка мультидисциплинарных математических моделей металлообработки маложестких деталей и лазерной обработки сложных поверхностей.

Кроме того, на базе НПО «Сатурн» будет создан единый Центр аддитивных технологий ГК «Ростех» в соответствии с планами Госкорпорации по внедрению аддитивных технологий при производстве перспективных российских газотурбинных двигателей, сертификация которых намечена на 2025–2030 годы. В настоя-

щий момент на предприятии уже представлены все наиболее востребованные промышленностью направления аддитивных технологий. Разработан и апробирован процесс изготовления деталей селективным сплавлением, начиная от разработки 3D-модели и заканчивая функциональной деталью. Внедряются инновационные принципы проектирования. Центр активно участвует в работах по получению отечественных металлопорошковых композиций — в первую очередь, проводимых ВИАМ. В 2015–2016 годах более трехсот различных опытных деталей, изготовленных селективным сплавлением из кобальтового, титанового сплавов, нержавеющей стали, успешно прошли стендовые испытания в составе двигателей.

ФОРУМ

Организаторами МТФ-2017 выступила рабочая группа «Технет» Национальной технологической инициативы: ПАО «НПО «Сатурн», Институт передовых производственных технологий СПбПУ и др., а также правительство Ярославской области, Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьева, администрация городского округа г. Рыбинска. В числе соорганиза-

Рис. 2. Открытие МТФ-2017.
Фото: <http://rybinskcity.ru>



Рис. 3. Экскурсия на производстве НПО «Сатурн».
Фото: <http://cheremuha.com>



торов секций и круглых столов — фонд «Сколково», Сколковский институт науки и технологий, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ООО «АБ Универсал», ПАО «Ростелеком».

По данным организаторов, на МТФ-2017 зарегистрировалось свыше 1200 участников, выступило свыше 200 докладчиков (рис. 2). Во время форума прошло свыше двадцати мероприятий по различным направлениям, в числе которых аддитивные и гибридные технологии, создание новых материалов, цифровое проектирование и моделирование, индустриальный интернет, искусственный интеллект и машинное обучение, робототехника, а также сертификация новых технологий. Самой популярной и посещаемой стала секция «Аддитивные технологии», которая в этом году работала три дня. В холле была развернута выставка авиационных деталей и не только, реализованных с помощью аддитивных технологий на оборудовании компаний Arcam AB, EOS, Renishaw, SLM Solution, Voxeljet, Lithoz, XJet и др. (рис. 4–6). Доклады представителей компаний прозвучали в ходе секции.

Участники форума также приняли участие в экскурсии на производственные участки НПО «Сатурн» (рис. 3): в сборочный цех и цех изготовления лопаток для авиадвигателей, Центр аддитивных технологий и в дочерние предприятия «Сатурна» — ЗАО «Новые инструментальные решения» и ЗАО «ВолгАэро». В музее завода гостям рассказали о вековой истории предприятия, этапах его развития, показали знаковые разработки.

По словам Д. С. Иванова, директора по инновационному развитию НПО «Сатурн», «форум — это точка коммуникаций, которая позволяет специалистам

Рис. 4. Горелочное устройство изготовлено по технологии SLM из суперсплава кобальт-хром-молибден. Представлено НПО «Сатурн»



Рис. 5. Напечатанная выжигаемая модель «Крыльчатка» и отливки. Оборудование: 3D-принтер Voxeljet VB500, Германия; материал модели — полиметилметакрилат, вид литья — ЛВМ, материалы отливки: алюминий АК7ч и сталь 40. Срок изготовления 8–25 дней. Представлены компанией ГК «Остек»



Рис. 6. Прототип форсунки с завихрителем изготовлен по технологии DMLS фирмы EOS GmbH, Германия. Представлен «АБ-Универсал»

компаний, вузам, институтам, академиям наук обмениваться своими знаниями, компетенциями, обсуждать проблемы, выстраивать общие векторы развития как науки, так и бизнеса».

Следует также отметить, что в рамках форума было подписано соглашение между правительством Ярославской области и НПО «Сатурн» о сотрудничестве в сфере НТИ, которое предоставит новые возможности в развитии завода, форума и всего региона. ■

Использованы материалы с сайтов:

- www.kremlin.ru
- <http://rostec.ru/news/4520246>
- http://asi.ru/upload/iblock/79b/TechNet_presentation.pdf
- <http://itp-forum.ru/conf2017/>



Развитие аддитивных технологий в России

Татьяна Карпова

Третья международная конференция «Аддитивные технологии: настоящее и будущее», проходившая во ФГУП «ВИАМ», по традиции подвела итоги и обозначила новые задачи развития этого принципиально нового направления производства в России. Ее участниками стали 528 человек от 213 организаций, что подтверждает неизменный интерес к теме и событию.

Евгений Николаевич Каблов



Как отметил во вступительном слове генеральный директор ФГУП «ВИАМ» Е.Н. Каблов, сейчас весь мир активно реализует создание нового промышленного облика, а технологии на основе цифровых механизмов играют в этом ключевую роль. В ближайшие 15 лет и наша экономика должна перейти к цифровым технологиям, материалам нового поколения, способам конструирования. Такая задача была поставлена президентом РФ В.В. Путиным в рамках Национальной технологической инициативы. И доминантой этого перехода, по мнению докладчика, являются аддитивные технологии (АТ). Применяя АТ на всех стадиях жизненного цикла, включая топологическую оптимизацию, возможно до тридцати раз повысить производительность, повысить коэффициент использования материала до 0,98, обеспечить снижение массы конструкции до 50%.

Путь по внедрению новых технологий в производство непрост и требует решения целого ряда вопросов. На текущий момент ключевым для всех, а для России

особенно, является создание программного обеспечения (ПО). Здесь РФ находится в серьезной зависимости от зарубежных разработок. Кроме того, эти программные продукты зачастую не позволяют отступать от стандартных режимов: выходить на более высокие температуры, более высокие уровни свойств материалов. Поэтому первоочередной задачей консорциумов в рамках НТИ является создание единой информационной среды на базе цифровых технологий для проектирования и изготовления изделий с разработкой программного обеспечения: для создания и экспорта 3D-моделей, для послойного синтеза, генерации слоев и поддержек, для расчета топологической оптимизации (бионического дизайна деталей), а также управления жизненным циклом.

В России в настоящий момент реализуются аддитивные технологии первого и второго уровня: это вспомогательные производства, прототипирование, литье с применением деталей, изготовленных по аддитивным технологиям. Целью для всего мира является третий уровень, когда с помощью аддитивных технологий делается реальная деталь. В США, например, стоит задача к 2020 году достичь показателей: 1, 2 уровень — 20%, а 3 уровень — 80% (сейчас 70 и 30%). В одиночку решить такую задачу невозможно. И во всем мире, и в России идет объединение компаний и возможностей. И важно, чтобы деятельность каждого участника российского движения новой промышленной политики была четко прописана, существовало разделение зон ответственности, а также был обеспечен доступ всех участников к этим работам. ВИАМ, например, готов отвечать за металлопорошковые композиции в ресурсных деталях. У института для этого есть не только желание, но и опыт. В ВИАМ создано производство полного цикла, включая разработку технологий и производство металлопорошковых композиций, разработку и синтез деталей, разработку технологий горячего изостатического прессования и термообработки, подготовку нормативной документации для передачи технологии в производство. В настоящий момент, например, в рамках сотрудничества с Фондом перспективных исследований ВИАМ совместно с ОКБ им. М.П. Симонова



приступил к разработке на базе аддитивного производства перспективных малоразмерных газотурбинных двигателей в классе тяг 20 и 150 кгс для беспилотных летательных аппаратов. По словам Е. Н. Каблова, «внедрение инновационных решений в конструкцию разрабатываемых МГТД позволит снизить массу двигателя за счет топологической оптимизации деталей сложной геометрии, таких как камера сгорания, турбина, центробежный компрессор». Совместные усилия позволяют уже сегодня отвечать на вызовы, которые стоят перед страной. А вызов № 1 для российских авиастроителей — создать двигатель ПД-35. Без применения аддитивных технологий он если и будет создан, то проиграет в весе, эффективности и, соответственно, в полезной нагрузке.

К вопросу о стандартизации. Промышленность начинает жить тогда, когда есть нормативная база. Поэтому ВИАМ вместе с ГК «Роскосмос» и АО «Наука и инновации» был создан комитет по стандартизации, который определил перечень первоочередных стандартов. Их было десять, они прошли открытое обсуждение. Сейчас на утверждении находится восемь проектов. В апреле этого года ВИАМ выпустил первый паспорт на отечественный жаропрочный никелевый сплав ЭП648ПС.

3D-принтеры компании MASS PORTAL представило ООО «Шевалье.ру»



О необходимости объединения ресурсов говорили и заместитель министра промышленности и торговли РФ О.Е. Бочаров, и генеральный конструктор ОДК Ю.Н. Шмотин, отметив, что данная конференция — одна из площадок для консолидации, в т. ч. интеллектуальных ресурсов, а также для согласования целей и задач развития. ОДК, в частности, ставит для себя такие задачи, как серийное аддитивное производство, снижение стоимости за счет максимальной загрузки аддитивного оборудования, высокая производительность, гибкость производства, эффективное использование металлопорошковых композиций, безлюдные технологии, создание определенных производственных ячеек. Предполагается, что к 2025–2030 году в новых модифицированных после 2018 года двигателях до 20 % массы будут составлять детали, спроектированные и изготовленные с помощью аддитивных технологий. За счет новых технологий проектирования, в т. ч. топологической оптимизации, будет сокращено количество деталей в двигателях более чем в два раза. За счет сокращения сроков и затрат на технологическую подготовку производства разработка опытных деталей, изготавливаемых по АТ, должна сократиться на 80 %. Цикл изготовления серийных деталей, разработанных под аддитивное производство, сократится в три раза, а стоимость изготовления — в два раза.

В рамках конференции о своих достижениях и направлениях развития в сфере аддитивных технологий рассказали представители целого ряда предприятий и компаний, включая: «ОДК-Авиадвигатель», АО «Наука и инновации» (ГК «Росатом»), МГТУ им. Н.Э. Баумана, ВИАМ, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Удмуртский государственный университет, «ЦНИИ КМ «Прометей», «НТЦ «Эталон», Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, «НПО «Сатурн», «Институт физики прочности и материаловедения» СО РАН, ОК РУСАЛ, Институт проблем

528 человек стали участниками конференции



химической физики РАН, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, ООО «Би Питрон СП», «Эм-Эс-Си Софтвэр РУС», AddUp, ФГУП «НАМИ», ВНИИ «Сигнал», UnionTech, «Консистент Софтвэа Дистрибушн», «ИФ АБ Универсал», «ЦАГИ», «Остек-СМТ», Институт машиноведения им. А.А.Благоднарова РАН. Памятные подарки за лучшие доклады были вручены Жанне Сентюриной, ОАО «Композит», — «Исследование влияния ориентации образцов при селективном электронно-лучевом сплавлении на микроструктуру и свойства сплава ВТ6С» и Валерию Путляеву, МГУ им. М.В.Ломоносова, — «Стереолитографическая 3D-печать кальцийфосфатной биокерамики со сложной архитектурой порового пространства».

По итогам конференции было принято решение, содержащее актуальные шаги для развития аддитивных технологий в России. Это создание единой информационной среды, материалов нового поколения, разработка отечественного оборудования на базе от-

ечественного ПО, разработка национальных стандартов и нормативной документации, совершенствование системы подготовки кадров. Была отмечена необходимость скорейшего утверждения дорожной карты развития отрасли и завершения работ по подготовке технико-экономического обоснования эффекта от развития АТ. Для этого предприятиям-производителям предлагается подготовить и направить в адрес организационного комитета конференции информацию по дорогостоящим деталям сложной формы, изготавливаемым традиционными методами, которые целесообразно производить с помощью аддитивных технологий. Отмечена необходимость определения зоны ответственности отраслевых центров компетенции аддитивных технологий и разработки механизма их взаимодействия, выработка концепции взаимодействия крупных корпораций по внедрению АТ. На базе ФГУП «ВИАМ» предлагается создание единого межотраслевого инженерного центра аддитивных технологий. ■



В 2017 году «Всероссийскому научно-исследовательскому институту авиационных материалов» исполняется 85 лет. Образованный в 1932 году для разработки авиационных материалов и технологических процессов в моторо-, самолето-, дирижабле- и авиаприборостроении институт все эти годы является признанным центром материаловедения.

В настоящее время ВИАМ не просто предлагает новые материалы, но оценивает создание изделий с точки зрения потребностей современных производств, обозначенных в стратегиях развития таких ведущих интегрированных структур, как корпорации «ОАК», «ОДК», «ОСК», «Росатом», «Роскосмос», холдинг «Вертолеты России», ОАО «РЖД» и других. Ежегодно институтом разрабатывается около 40 новых марок материалов, почти 150 разработок и технологий осваиваются на предприятиях промышленности, около 100 патентов используются в собственном производстве. Действующие в институте 25 малотоннажных высокотехнологичных производств позволяют выпускать 234 наименования продукции и обеспечить потребности промышленных предприятий в жаропрочных сплавах нового поколения, прецизионных препрегах для деталей из полимерных композиционных материалов, катодах для ионно-плазменных защитных покрытий, алюминате кобальта для

С юбилеем!

поверхностного модифицирования литейных сплавов, а также в функциональных материалах и современном технологическом автоматизированном оборудовании для литья лопаток ГТД и нанесения защитных покрытий. Особенно следует отметить развитие институтом такого прорывного направления, как аддитивные технологии. Выполненный в институте комплекс экспериментальных и прикладных исследований позволил получить более 20 марок ультрадисперсных металлических порошковых композиций с необходимыми свойствами. Взамен закупаемых по импорту исходных материалов и технологий создан замкнутый цикл аддитивного производства деталей ГТД. Впервые в России в 2015 году по новой технологии послойного лазерного сплавления создан штатный завихритель фронтального устройства камеры сгорания для перспективного авиационного двигателя ПД-14, который проходит летные испытания, а также изготовлен действующий прототип малоразмерного ГТД. Что немаловажно, в ВИАМ сформирована система непрерывной подготовки высококвалифицированных специалистов как для института, так и отраслевой науки в целом.

Данные научные достижения института во многом определяют уровень российской материаловедческой науки и позволяют создавать новые образцы сложных технических систем. ■



Как подготовить компанию к цифровому будущему

Павел Алексеев

Заявленная цель ведущей международной выставки промышленных технологий HANNOVER MESSE 2017 — сделать ощутимой выгоду дигитализации. Огромное количество охотников за решениями собралось в Ганновере, чтобы погрузиться в мир умных роботов, адаптивных машин и интегрированных энергосистем, выведя тем самым статистику посещений на новые высоты.

«В течение пяти апрельских дней Ганновер был всемирным центром всего, что связано с Индустрией 4.0. Здесь был представлен каждый сектор, имеющий отношение к переходу промышленности на цифровые технологии, и даны наглядные ответы на ключевой вопрос, с которым повсюду сталкиваются промышленные предприятия: как наилучшим образом подготовить свою компанию к цифровому будущему?

HANNOVER MESSE еще раз доказала свою ценность как главная система координат для руководителей во всем мире», — охарактеризовал выставку д-р Йохен Кёклер, член Правления Deutsche Messe. Выбранная тема выставки «Интегрированная промышленность — создавая ценность» высветила преимущества Индустрии 4.0 и роль человека в завтрашних интегрированных предприятиях.

В центре внимания было новое поколение роботов: так называемые коботы, т.е. «взаимодействующие роботы», которые вскоре полностью изменят способы работы на заводах. Их возможности сопряжения, искусственный интеллект, инновационные сенсорные устройства и интуитивное управление обеспечивают способность напрямую взаимодействовать с людьми, автономно

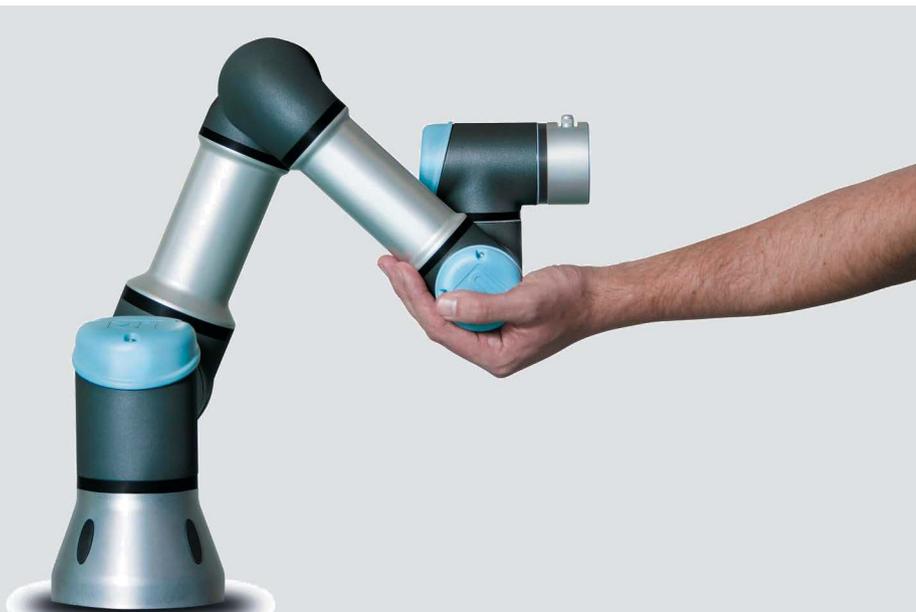
обучаясь и обмениваясь инструкциями с другими коботами. Как подчеркнул г-н Кёклер: «Коботы представляют интересные возможности не только для крупных компаний — многие малые и средние предприятия также знакомились на HANNOVER MESSE с этими новыми помощниками для использования их в своих производственных операциях».

Свою нишу в крупнейшей промышленной ярмарке заняли и аддитивные технологии. Целый ряд компаний представил здесь свои разработки и решения для различных областей применения.

Двойственный подход

Одна из ключевых тем презентации GKN Sinter Metals Engineering GmbH на HANNOVER MESSE 2017 — аддитивное производство. Работая со своими партнерами, компания стремится ускорить разработку следующего поколения автомобильных трансмиссий.

В высококонкурентной среде скорость часто является ключевым преимуществом. Практически невозможно догнать компании, которые первыми вышли на рынок с действительно хорошими решениями, не говоря уже о том, чтобы обойти их. Нет нужды говорить, что в этом нет ничего нового для тех, кто определяет стратегию в компании GKN



Sinter Metals Engineering GmbH, одного из лидеров рынка в области порошковой металлургии. Поэтому практически накануне открытия HANNOVER MESSE 2017 было заявлено о партнерстве с компанией EOS GmbH — лидером в сфере аддитивного производства. Совместными усилиями обе компании надеются завоевать растущий рынок промышленной 3D-печати в секторе B2B, прежде всего в автомобилестроении.

«У аддитивного производства в металлургии есть большой шанс серьезно повлиять на будущее промышленного производства и его продукцию, вывести его на новый уровень. Это задача, которую вместе предстоит решать EOS и GKN в будущем. Мы хотим, чтобы все больше потребителей знакомились и начинали использовать потенциал этой инновационной технологии. Мы также хотим существенно расширить области применения новых материалов путем проведения испытаний и дальнейшего внедрения их в серийное производство», — отметил д-р Петер Оберпарляйтер, генеральный директор GKN Powder Metallurgy.

3D-печать производит впечатление

Итальянская компания Aidro, специализирующаяся на гидрав-

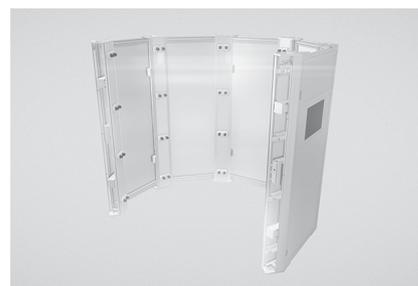
лических системах, приехала на HANNOVER MESSE 2017, чтобы продемонстрировать аддитивное производство в секторе гидравлики. Экспонат компании представляет собой классический пример того, как традиционное решение может быть практически заново изобретено путем использования инновационного подхода, когда необходимые клапаны просто устанавливаются и соединяются иначе. Внутренние каналы клапанного блока были оптимизированы так, чтобы усиливать поток и экономить место, при этом устранили и риск протечек, т.к. дополнительные отверстия были больше не нужны. Наряду с инновационным гидравлическим клапаном 3D на стенде Aidro показали и другие гидравлические детали, выполненные в технологии 3D, например, складывающиеся в стопку предохранительные клапаны давления с непосредственным управлением и модернизированные катушки.

Ничто не скроется

Новый сканер OptaOne 3D был впервые продемонстрирован на HANNOVER MESSE 2017 берлинской компанией botspot GmbH — под слоганом — ничто от него не скроется!

3D-сканеры, способные создавать высокореалистичные репродукции трехмерных структур, хорошо известны на рынке. Они основаны на невероятно большом числе технологий, каждая со своими преимуществами, ограничениями и затратами.

Берлинская компания botspot использует для своих сканеров фотограмметрию, когда сканируются определенные точки объекта и затем переносятся в трехмерную систему координат методом триангуляции. Соединение этих точек дает точную 3D-модель, известную как «меш». В этом процессе botspot сканирует не толь-



ко поверхность объекта, но и его текстуру, обеспечивая воспроизводство моделей 3D высокого разрешения и с 16,7 млн цветовых оттенков за сотую долю секунды.

Инновационный, защищенный патентом OptaOne 3D отличается уникальной технологией наклона и увеличения, позволяющей автоматическую настройку фото-сенсоров на размер и положение сканируемого объекта. Таким образом, можно сканировать трехмерные предметы любого размера в диапазоне от 80 мм до 2 метров с невероятной точностью. 64 сенсора максимально охватывают сканируемую площадь и моментально выдают 3D-снимки. Эта простая в использовании технология делает OptaOne идеальным средством для применения в области виртуальной и дополненной реальности, а также для печати фигур, анимации и снимков сложных объектов с невероятно сложными поверхностями и структурами.

Инновационные симуляторы

Altair Engineering GmbH — компания из Бёблингена, Германия продемонстрировала последнюю версию своей платформы HyperWorks CAE, предназначенную для разработки инновационных методов производства и умных устройств на основе симуляционного моделирования, а также примеры из опыта клиентов.

Компания использовала виртуального коллаборативного робота (кобота) для показа задач, которые возникают при разработ-





ке высокосложных мехатронных систем, и путей их решения. Например, среда HyperWorks может использоваться для симуляции и адаптации взаимодействия робота, для сканирования окружающей обстановки при помощи сенсоров, для управления и регулировки устройств и их эффективности. Моделирование системы также применяется для расчета нагрузок, оптимизации топологии, в создании легких структур органического дизайна. Эти структуры в конечном итоге являются ключом к отличной эффективности, высокой точности и необходимой безопасности труда.

Новая усовершенствованная 3D-печать

Готовым 3D-моделям часто не хватает устойчивости материала или пространственной стабильности. Но эти недостатки сейчас в прошлом, благодаря выпуску принтеров ProJet 3D и ProJet MJP 3600 Max 3D с технологией многоструйного моделирования



(MJP). Простота использования принтеров и минимальная доводка модели делают эту технологию очень интересной для конструкторских отделов компаний.

Со скоростью почти в два раза выше, чем у своих предшественников, и разрешением до 16 микрон эти два принтера нацелены, прежде всего, на самых требовательных потребителей, и не только по признаку производительности. В них используется специальная технология, которая очень точно охлаждает материал на пути к печатной форме, обеспечивая его точное расположение. Это дает в результате чрезвычайно высокое разрешение, резкость контура, стабильность параметров и качество поверхности. Большая неразъемная печатающая головка во всю ширину печатной формы обеспечивает полное использование печатного пространства. В результате время производства не зависит от того, печатается одновременно два или десять компонентов.



От проектного решения к прототипу

Лидер рынка аддитивного производства и 3D-печати Stratasys GmbH, отметил на HANNOVER MESSE 2017 выпуск на немецкий рынок своих инновационных 3D-принтеров серии F123 и продемонстрировал новые материалы для технологий PolyJet и FDM.

3D-принтер новой серии позволяет дизайнерам и инженерам удовлетворять самые разнообразные потребности при создании



прототипов, начиная от проверки концепции и правильности проектирования до функционального тестирования. Удобный в использовании F123 также совместим с программой GrabCAD Print, что позволяет пользователям быстро создавать недорогие прототипы для целого ряда ключевых отраслей, включая потребительские товары, аэрокосмическую и автомобильную промышленность.

Все в одном пакете!

Перевод в цифровой формат производственной цепочки активно идет уже несколько лет. Однако, несмотря на весь оптимизм вокруг четвертой промышленной революции, новые проекты на практике часто сталкиваются с серьезными проблемами. Фактически, значительная часть инициатив Индустрии 4.0 тормозится в самом начале. Недавнее исследование, проведенное маркетинговой компанией IDC, показало, что, несмотря на увеличивающееся количество пилотных проектов, число внедрений не растет. Более того, только пять процентов опрошенных компаний имеют централизованную платформу данных, которая обслуживает по сети все производственные подразделения. Вот здесь и нужна платформа 3DEXPERIENCE от компа-

нии Dassault Systemes, продемонстрировавшей на HANNOVER MESSE 2017 тщательно интегрированный цифровой инструмент процесса создания стоимости.



Используя в качестве примера производителя упаковки WestRock, при помощи новейших технологий 3D, включающих дизайн, симуляцию и дополненную реальность, компания наглядно показала, как в цифровом формате вся цепочка создания стоимости связывается в единый процесс: запросы потребителя, процесс разработки и производства, позиционирование на рынке и повседневное использование. Андреас Барт, управляющий директор EuroCentral в Dassault Systemes, поясняет необходимость внедрения цифровых процессов для промышленных компаний: «Перед этими компаниями стоят серьезные задачи. К 2019 году три четверти всех промышленных предприятий мира переведут свои производственные процессы в цифровой формат и таким образом будут прекрасно готовы к росту своей производительности. Все, кто не сможет вовремя адаптироваться, останутся за бортом».

Подводя итоги мероприятия, Тило Бродтман (Thilo Brodtmann), управляющий директор Союза немецких машиностроителей (VDMA), заявил: «HANNOVER MESSE 2017 стала непревзойденной демонстрационной площадкой для машиностро-



ительного сектора. Индустрия 4.0 прекрасно прошла стадию испытания и уже дает реальные плоды при использовании. Выставка четко отразила бодрое состояние промышленности — когда есть все необходимое для того, чтобы делать дело на всеобщее благо. А если говорить о международной конкуренции, мы определенно среди лидеров. Иначе говоря, HANNOVER MESSE 2017 — выдающееся событие».

В 2018 году выставка HANNOVER MESSE пройдет с 23 по 27 апреля, официальной страной-партнером выставки станет Мексика. ■

Информацию об участии и посещению HANNOVER MESSE уточняйте в ООО «Дойче Мессе РУС»
тел. +7 (495) 669-46-46
www.messe-russia.ru



3D-революция: как аддитивные технологии меняют окружающий мир

Когда новые технологии становятся известны широкому кругу людей, то, как правило, сфера услуг либо промышленное производство уже активно их применяют. Так происходит и с объемной печатью, которой специалисты предсказывают стремительный рост вплоть до 2020 года. Тогда, по примерным оценкам, рынок 3D-печати вырастет до \$5.2 млрд. Однако уже сейчас методы аддитивного прототипирования внедряются в ключевые отрасли человеческой деятельности.

Наибольшее влияние развивающейся технологии заметно в медицине. На данный момент ученый состав Дрексельского университета занимается **изучением раковых опухолей** путем объединения злокачественных клеток и биоматериала, созданного с помощью установки объемной печати. Также проводятся успешные операции по **замене поврежденных частей суставов** разработанными на 3D-принтере составляющими. А для более быстрого восстановления (на 40–80%) собственных костей был создан **специальный гипс**, действие которого основано на исцеляющих свойствах ультразвуковых вибраций. Не так давно Центр объемной печати

3dVision также внес свою лепту в развитие медицинской отрасли, изготовив корпус совершенно нового эндоскопа. Также за прошедший год было изготовлено более тысячи корпусов для аппарата искусственной вентиляции легких, который используется в реанимационных отделениях. Также на данный момент мы участвуем в разработках корпусов для экзоскелета, аппарата мгновенного тестирования крови пациента на определенные изменения в его состоянии и многих других.

Сейчас 3D-печать появляется во всех сферах приборостроения. В мае 2017 года была **создана технология аддитивного производства**, решающая проблему структурной целостности деталей. Работа нового метода основана на воздействии так называемой электрической плазмы, которая реагирует с воздухом и, просвечивая слой за слоем, придает изготавливаемому объекту прочность. Возможно, именно эта логика станет основополагающей для авиационной отрасли, ведь, согласно прогнозам экспертов, уже **через три года более 100 000 частей самолета** будут составлять продукты 3D-печати. И такая перспектива кажется весьма реалистичной,

поскольку 25 мая 2017 года в открытый космос **была запущена ракета**, двигатель которой фактически полностью состоит из материалов, созданных с помощью объемной печати.

Поскольку аддитивное производство является более эффективным в плане расхода материалов, нежели субстратные процессы, 3D-печать можно назвать экологически чистым методом производства. Вместо того чтобы попросту отрезать 2/3 лишнего материала с его последующей переплавкой, 3D-принтер использует ровно столько металла или пластика, сколько требуется для изделия. Таким образом, необходимость траты ресурсов на переработку неизрасходованного материала отпадает. Кстати, о пластике. Компания 3D Systems разработала и запустила в серийное производство **принтер Ekocycle Cube**, который для работы использует переработанную в нити пластмассу. Исследования показали, что традиционный способ переработки полимеров требует больше энергии по сравнению с созданием из вторичного сырья специальных катушек для объемной печати.

Мы привели лишь некоторые примеры того, как 3D-печать



влияет на производственные процессы в некоторых важных областях человеческой деятельности. А ведь есть еще текстильная сфера, сфера питания, строительство, военная отрасль, в конце концов. Каждую неделю в мире появляется что-то новое, созданное с помощью объемной печати. То, что раньше казалось невероятным, сегодня становится реальностью. Ну а темпы, с которыми развивается аддитивное производство, доказывают, что пределы возможностей 3D-печати — лишь в нашей голове.

Компания 3dVision прекрасно понимает, насколько динамично развивается отрасль аддитивного производства, и поэтому мы, работая изо дня в день, становимся лучше, чтобы запросы абсолютно каждого клиента были удовлетворены на все 100%. Центр объемной печати работает не только с физическими и юридическими лицами, но и государственными предприятиями. Так, к чемпионату мира по футболу мы получили большой заказ на изготовление видеодетектора транспорта — устройства, которое анализирует трафик в режиме реального времени, оптимизируя таким образом стратегию управления дорожным движением.

3dVision — уникальная в своем роде фирма, поскольку мы являемся компанией полного цикла, то есть специалисты могут взять заказ на любом этапе его изготовления. Наша организация спо-

собна работать как с точечными прототипами (например, создать макет нового корпуса на тестирование и сертификацию), так и с продукцией, выпускающейся многомиллионными тиражами (прежде всего, речь идет о литье пластиковых корпусов в пресс-формы).

Абсолютно все наши клиенты имеют возможность при необходимости получить квалифицированную техническую поддержку на любой стадии выполнения заказа. Для удобства и расширения числа заказчиков компания 3dVision не ограничивается работой в Москве и Санкт-Петербурге, мы с удовольствием сотрудничаем с представителями других регионов нашей страны. Благодаря налаженной сети курьерской доставки фирма способна обеспечить получение изделия уже через считанные дни после заявки на изготовление модели.

У нас вы можете заказать:

- **3D-печать и быстрое прототипирование**, которые на сегодняшний день являются самым востребованным направлением в отрасли;

- **3D-моделирование**, в ходе которого Центр объемной печати 3dVision поможет вам в создании моделей любого предназначения;

- **3D-сканирование**, позволяющее изучить строение исследуемого объекта;

- **макетирование**, главным образом ориентированное на изготовление макетов архитектурных строений;

- **литье в силиконовые формы**, которое до процесса изготовления дорогостоящей пресс-формы для литья пластмасс позволяет получить первые пластиковые корпуса для всевозможных опытов.

Будучи основанной пять лет тому назад, в 2012 году, как очень маленькая фирма, сегодня компания 3dVision является одним из главных участников российского рынка объемной печати. Каждый день мы печатаем десятки моделей, изготавливаем макеты, рисуем, сканируем и моделируем сложные проекты, приобретая с каждым заказом новый опыт. Центр объемной печати 3dVision с радостью приглашает студентов на производство. Мы также открыты к сотрудничеству и готовы взаимодействовать с коллегами, работающими в отрасли аддитивного производства.

Мы любим свою работу и уверены, что с помощью нашего Центра объемной печати аддитивные технологии изменят и будут изменять мир исключительно в лучшую сторону. ■

 **3dVISION**
Центр Объемной Печати

Услуги: mail@3dvision.su

Поставки оборудования и расходных

материалов: info@3dvision.su

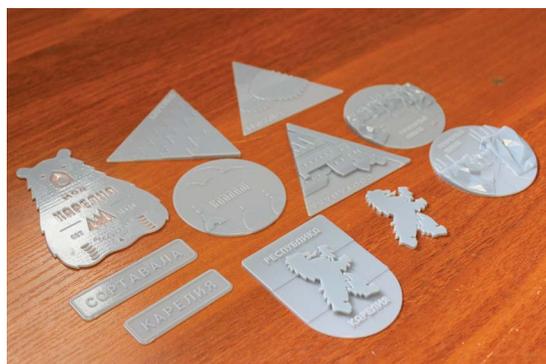
Телефоны: +7 (812) 385-72-92

+7 (495) 662-98-58, 8 (800) 333-07-58

<https://3dvision.su>

<https://www.instagram.com/3dvision.su/>

<https://vk.com/3dvisionsu>



Новые возможности литейного производства с применением промышленных 3D-принтеров

Павел Косушкин, руководитель технического отдела Российского представительства Shanghai Union Technology Corporation
+7925-682-19-87, pavel.kosushkin@uniontech3d.com

Почти каждое российское предприятие имеет производство по выпуску металлических изделий из различных материалов и сплавов и сталкивается с проблемными ситуациями при изготовлении ответственных деталей сложной формы (рис. 1). В силу технологических и экономических особенностей для подобных изделий используют способ металлообработки, как литье по выплавляемым моделям. Развитие технологий 3D-печати предоставляет новые возможности для производства.



Рис. 1. Детали сложной формы

Литье по выплавляемым моделям

Рассмотрим коротко технологический процесс уже привычного литья по выплавляемым моделям.

На первом этапе создается восковая модель, которая является точной копией конечного изделия. Или для экономической оптимизации процесса создается не одна, а сразу несколько таких моделей, к которым пристраивается литниковая система. Получается так называемая елочка. Далее елочка покрывается специальной жаропрочной суспензией для создания оболочки. Этап проходит в несколько слоев — нанесли слой — высушили — нанесли — высушили. Когда оболочка гото-

ва, восковую модель, которая оказалась внутри, выплавляют. Т.е. форму нагревают до небольшой температуры и воск из нее просто вытекает. Третий этап — заливка расплавленного металла (рис. 2). А далее после того, как металл остыл, форму передают на вибростенд, где оболочка разрушается и получается почти готовое изделие. Основная трудность для производителя кроется в первом этапе технологии — создании восковой модели. Кроме того, это дорого и долго.

Рис. 2. Процесс заливки металла в формы



Создание восковой модели.

Во-первых, почему трудно? Обычно, чтобы изготовить восковую модель сложной формы, требуется специальная оснастка, пресс-форма. Эту пресс-форму, для начала нужно спроектировать, причем специально для литейного производства со всеми его особенностями. Далее ее необходимо изготовить. И чаще всего эти способы нетривиальные. На конечном этапе необходимо произвести заливку восковой смеси, дать ей остыть, а в дальнейшей аккуратно извлечь форму из оснастки, не повредив.

Во-вторых, почему долго? На создание конструкторской

документации для оснастки в среднем может потребоваться более 2 недель, для изготовления пресс-формы — больше месяца плюс изготовление модели. В общем счете от начала разработки конструкторской документации до получения первой восковой модели проходит больше двух месяцев. Целых два месяца!

В-третьих, почему дорого? Изготовление рабочих колес, импеллеров, крыльчаток и вообще деталей сложной формы влечет большие затраты за счет сложной конструкции.

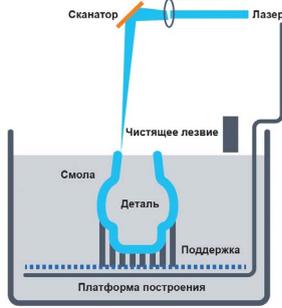
Стереолитография (SLA)

Однако прогресс не стоит на месте. Развиваются и технологии создания моделей для литья. Рассмотрим, какие возможности для литья может дать такая технология 3D-печати, как стереолитография (SLA).

SLA — это самая точная технология 3-хмерной печати, основанная на послойном отверждении фотополимера ультрафиолетовым лазером. Процесс заключается в следующем. С помощью программного обеспечения принтера 3D-модель готовится для выращивания, т.е. нарезается на слои в соответствии с заданными оператором параметрами толщины. Далее УФ-лазер рисует на поверхности жидкой фотополимерной смолы текущее сечение модели. В местах соприкосновения пятна УФ-лазера со смолой происходит мгновенное фотоотверждение (рис. 3).

После того как произошла полная отрисовка текущего слоя,

Рис. 3. Схема процесса SLA



платформа построения опускается на величину, равную глубине одного слоя. Чистящее лезвие выравнивает поверхность смолы, подготавливая ее для следующего отверждения — рисования. Этот процесс повторяется для каждого слоя выращиваемой детали до тех пор, пока заданная 3D-модель не будет построена. Таким образом можно создать модели любой формы.

Рис. 4. Платформа построения с выращенными изделиями



Литье по выжигаемым моделям

Как уже упоминалось ранее, производство восковой модели для создания оболочковой формы — процесс не простой и затратный. Тут то и приходит ему на смену технология стереолитографии. Выжигаемые модели, созданные на стереолитографическом оборудовании, заменяют традиционные восковые модели. Использование SLA-технологии дает возможность быстро изготовить самые точные литьевые изделия из металла с наилучшим

качеством поверхности по сравнению с другими технологиями. Сама же технология создания и выжигания моделей для последующей заливки металла называется QuickCast. Она имеет ряд особенностей и преимуществ.

Первое, модели выжигаемые в отличие от восковых выплавляемых. Таким образом, температура воздействия на модели для их удаления из оболочковой формы отличается от традиционного метода и равна 820°C. Второе, наличие высокой температуры выжигания влечет за собой более бережное обращение с оболочковой формой. Объясняется это тем, что любая модель, изготовленная из выжигаемого материала, при нагревании расширяется, создавая избыточное давление. А это может привести к растрескиванию оболочки. В связи с этим по технологии QuickCast моделируются пустотельные модели с сетчатой внутренней структурой (рис. 5), что позволяет материалу расширяться внутрь, схлопываясь при нагреве и тем самым не создавать избыточного давления на керамическую форму. Также за счет полой внутренней структуры сокращается использование материала и времени построения модели.

На рис. 6 показан технологический процесс литья по выжигаемым моделям

Рис. 5. Изделие с облегченной внутренней структурой TetraShell



гаемым моделям с применением стереолитографического 3D-оборудования.

Готовая 3D-модель загружается в специальное программное обеспечение для создания сетчатой внутренней структуры. Далее файл отправляется на печать. После выращивания модели ее необходимо обработать: удалить поддерживающие структуры, промыть от остатков незатвердевшей смолы и провести дополимеризацию в ультрафиолетовой камере.

Напечатанная 3D-модель покрывается жаропрочной суспензией в несколько слоев для создания оболочковой формы. Далее модель выжигается при высокой температуре и на ее место заливается расплавленный металл. После отверждения металла оболочка удаляется и проводятся финишные операции по отделке уже готовой отливки из металла.

Как можно заметить, технологический процесс кардинально ничем не отличается от традиционного. Однако при использовании технологии QuickCast нет необходимости изготавливать сложную и дорогостоящую инструментальную оснастку. Также сокращается время на изготовление металлических отливок до 1–2 недель (в отличие традиционных методов, требующих от 12–14 недель).

Заключение

Технология QuickCast — это новая возможность для российских предприятий выйти на более высокий уровень производительности своих изделий, снизить на порядок сроки изготовления, а также себестоимость продукции. ■

Рис. 6. Технологический процесс литья по выжигаемым моделям



Новый материал для литейных производств

Специально для литейных производств компания REC разработала материал REC CAST на основе ПММА, при помощи которого можно печатать на FDM 3D-принтере выжигаемые модели для последующего литья металлами.

Материал прошел испытания в исследовательском центре МГУ. Результаты термогравиметрического анализа в динамической атмосфере воздуха показали, что массовая доля золы составила менее 0,1% от массы напечатанного объекта, при этом допустимая температура выжигания от 409°C и выше (рис. 1). Таким образом, материал обладает предельно низкой зольностью, что делает его идеальным для создания выжигаемых мастер-моделей.

Весь процесс от печати до готовой детали из латуни покажем на примере двигателя для радиоуправляемого самолета.

Сначала из материала REC CAST печатаем копию будущего изделия с необходимыми припусками на усадку и последующую механическую обработку (рис. 2). Для печати сложной геометрии в качестве материала поддержки используем REC HIPS.

После растворения поддержек из REC HIPS в D-лемонене получена готовая мастер-модель (рис. 3).

Готовая модель к отливке, прикрепляем к ней литники (рис. 4). Для создания литников используется специальный выжигаемый

Рис. 1. ТГ и ДТГ-кривые

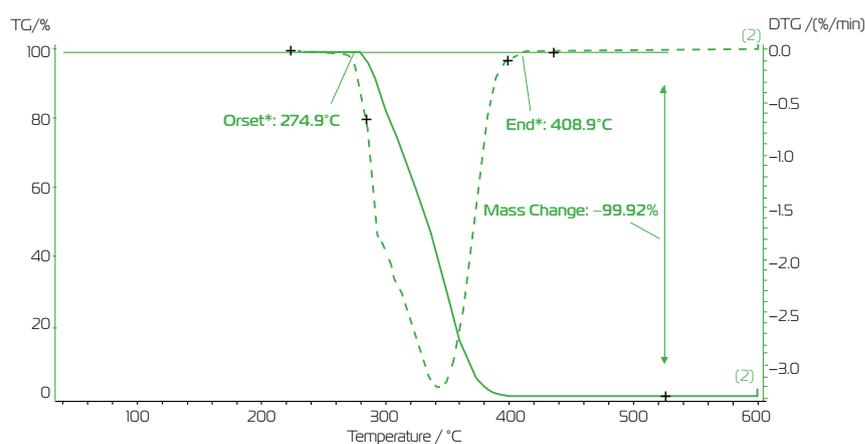
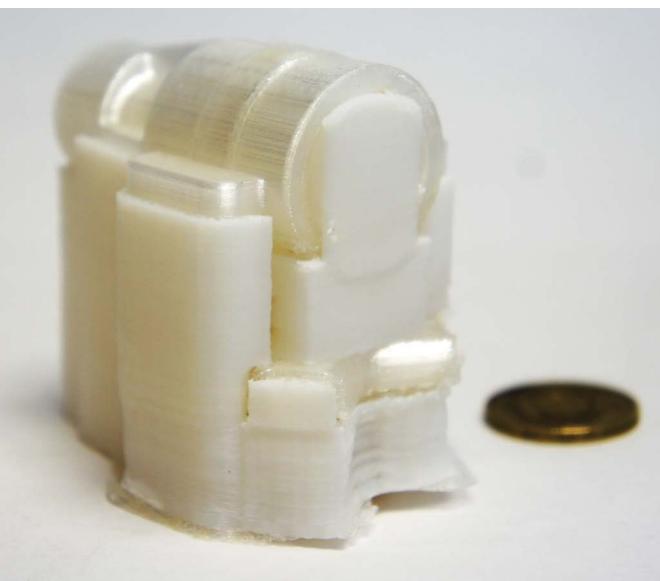


Рис. 2. Напечатанная копия будущего изделия из REC CAST

Рис. 3. Готовая мастер-модель

Рис. 4. Мастер-модель с литниками





Компания REC ведущий Российский производитель расходных материалов для 3D-принтеров, работающих по технологии FDM. Все материалы сертифицированы, безопасны и подходят для большинства 3D-принтеров. Мы производим материалы для профессионалов самых разных областей, где важны надлежащая сертификация, стабильные характеристики и надежность 3D-печати.

Мы выпускаем широкую гамму нитей для 3D-принтеров, в нашем ассортименте присутствуют ABS, PLA, HIPS, TPE, TPU, SEBS, ASA, PMMA и PVA. Все выпускаемые нами материалы имеют технические заключения и сертификаты.



Дополнительные услуги

- | | |
|---|---|
|  3D-печать |  3D-моделирование |
|  3D-сканирование |  Ремонт и обслуживание 3D-оборудования |
|  Разработка материалов по вашим ТЗ |  Обучение основам 3D-печати |

С нами уже работают:



Зеленоградский
нанотехнологический
центр



Для читателей журнала мы дарим скидку 20%
на первую покупку в магазине REC3D.RU

промо-код: AT201706

Рис. 5. Готовые опоки — специальные емкости для удержания заготовки и формовочной смеси



Рис. 6. Печь для отжига

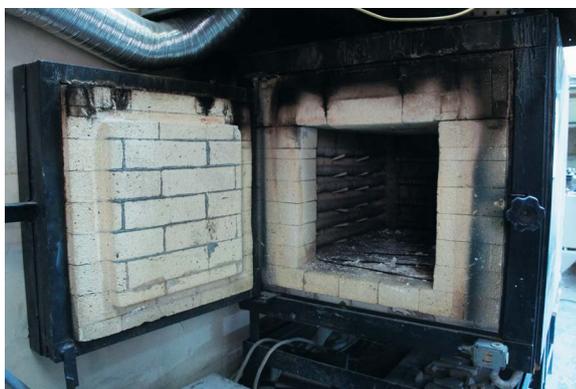


Рис. 7. Заливка металла



воск. После подготовки литника модель помещается в опоку и заливается гипсом (рис. 5). Это создаёт прочную жаростойкую оболочку, в которую затем и будет производиться заливка расплавленного металла.

Для сторания модели опока помещается в печь и достаточно долгое время выдерживается при высокой температуре (рис. 6).

Прожженная опока закрепляется в литейном аппарате и заливается металлом (рис. 7).

После литья опоке дают остыть, далее она разбивается и остатки гипса вымываются мощной струей воды (рис. 8, 9).

Рис. 8. Деталь с остатками гипса



На следующем этапе отлитая деталь подвергнется механической обработке. Отделяются литники и проводится абразивная обработка (рис. 10).

Так работает технология литья металлом по выжигаемым моделям. Раньше все, кому необходимо было получить мастер-модель для выжигания, были вынуждены точить их на фрезах из оргстекла и полистирола, эта технология хороша, но имеет некоторые ограничения по сложности моделей. Теперь же любой обладатель FDM 3D-принтера может изготовить мастер-модель практически любой сложности из REC CAST

Рис. 9. Отмытая деталь с литниками



и обратиться к литейщикам для изготовления необходимой детали, не затрачивая значительных средств.

Печать REC CAST немногим сложнее, чем печать ABS-пластиком, и при должной сноровке можно добиться потрясающих результатов. А главное — стоимость печати одного кубического сантиметра теперь обходится в 10 раз дешевле, чем при печати на промышленных 3D принтерах.

Получить консультацию и приобрести материалы можно у нас.

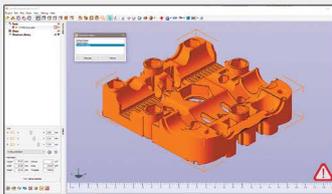
Мы готовы ответить на любые ваши вопросы по 3D-печати. ■

Сайт: rec3d.ru
Телефон: 8-800-775-73-31
E-mail: potok@rec3d.ru
[Vk.com/rec3dcompany](https://vk.com/rec3dcompany)
[Instagram.com/rec3dcompany](https://www.instagram.com/rec3dcompany)

Рис. 10. Готовая деталь после абразивной обработки

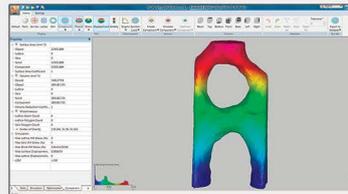


Netfabb – революционное решение для аддитивного производства: от 3D-модели до успешно напечатанной детали



Импорт и корректировка моделей

Netfabb импортирует модели из большинства известных CAD-систем и автоматически преобразует их в триангулированную сетку, что существенно экономит время. При этом интеллектуальные скрипты могут автоматически анализировать поверхности, исправлять ошибки сеток, улучшать точность моделей путем повторной триангуляции, устранять пространственные коллизии и прочие ошибки.



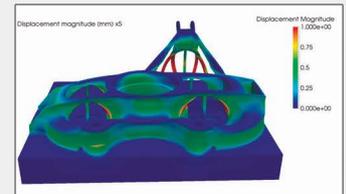
Оптимизация топологии деталей

Netfabb создаёт оптимизированные формы изделий, перебирая тысячи возможных вариантов, исходя из заданных параметров веса, жёсткости, нагрузок и других возможных ограничений.



Оптимизация внутренней структуры и поверхности

С помощью Netfabb и 3D-печати создавайте детали с уникальной решетчатой структурой, позволяющей снизить вес, при этом сохранив характеристики прочности и производительности.



Моделирование процесса 3D-печати металлами

Быстрое моделирование процесса нанесения слоев позволяет прогнозировать напряжения и деформации в металлических деталях, помогая снизить потребность в дорогостоящих физических испытаниях и избежать повторения ошибок.

Хотите узнать больше? Звоните +7 (495) 781-54-81

3D-печать в производстве ракетно-космической техники

А.В. Дранков, Г.В. Калугин, С.Ю. Шачнев. «ЗЭМ» РКК «Энергия»

Введение

Без применения современных технологий и методов производства невозможно представить развитие ракетно-космической техники. Создание транспортного корабля нового поколения «Федерация», научно-энергетического модуля, разработка и изготовление спутников различного назначения, других перспективных изделий — такие задачи стоят перед головным предприятием по изготовлению ракетно-космической техники РКК «Энергия». Для их решения требуется внедрение и развитие принципиально новых технологических методов [1].

В этой связи особый интерес вызывает применение технологий аддитивного производства, или 3D-печати, когда изделие создается при помощи послойного добавления материала различными способами по данным трехмерной электронной модели. Это может быть наплавление или напыление металлического порошка, жидкого полимера или композитного материала. Источником энергии в зависимости от материала может служить лазерный луч, электронный луч или сопло с резистивными нагревателями.

Совсем недавно технология 3D-печати не имела практического применения в промышленности, однако бурное развитие аддитивных технологий в последние несколько лет показало, что их использование не только допустимо, а зачастую существенно выгоднее традиционных методов производства. Ведущие отечественные

и зарубежные компании в области аэрокосмической техники проявляют интерес к технологии создания трехмерных объектов, проводят научные исследования, разрабатывают оборудование, открывают научные и производственные центры. В том числе работы ведутся и в направлении производства элементов ракетных двигателей.

Камера сгорания

Одним из примеров применения аддитивных технологий в области ракетно-космической техники служит разработанная специалистами РКК «Энергия» и изготовленная совместно с сотрудниками Санкт-Петербургского политехнического университета им. Петра Великого камера сгорания ракетного дви-

Рис. 1. Полноразмерный образец внутренней оболочки камеры сгорания из жаропрочного бронзового сплава



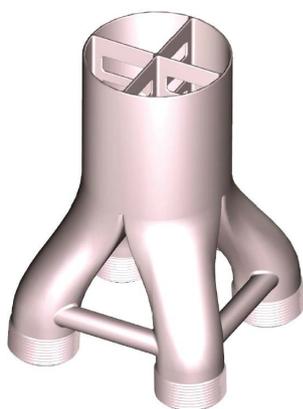
гателя (рис. 1) [2]. Камера сгорания — один из ключевых элементов жидкостного ракетного двигателя, работающий при экстремально высоких температурах. Для предотвращения теплового разрушения камеру изготавливают из жаропрочной бронзы с внутренней системой каналов для циркуляции охлаждающей среды.

Применение аддитивных технологий позволило не только более чем в два раза сократить цикл изготовления конечного изделия по сравнению с традиционными методами производства, такими как механическая обработка и пайка, но и изготовить камеру сгорания с системой охлаждающих каналов совершенно уникальной конфигурации, выполнение которой в рамках стандартной технологии невозможно. В настоящее время данная разработка проходит испытания и сертификацию.

Детали из полимерного пластика

Еще одно из направлений развития аддитивных технологий — это область быстрого прототипирования. Поскольку производство изделий ракетно-космической техники является единичным, важную роль в их создании занимает конструкторско-технологическая подготовка производства [3]. Благодаря появлению 3D-печати для изготовления моделей, макетов и прототипов возможно использование метода послойного выращивания из полимерных материалов.

Рис. 2. 3D-модель и выращенные элементы конструкции наземной испытательной установки



Так как выращивание происходит по разработанной конструктором электронной трехмерной модели, из технологического цикла исключается необходимость выпуска конструкторской документации и изготовления инструментальной оснастки, что значительно ускоряет и удешевляет подготовку производства. Кроме того, еще одно важное преимущество 3D-печати — возможность оперативного внесения

изменения в конструкцию. Конструктору достаточно изменить модель, и его идея будет сразу же реализована при печати в материале. В будущем применение печати из полимерного пластика также возможно для производства приборов, элементов интерьера летательных космических аппаратов, ненагруженных деталей конструкции (рис. 2, 3).

Недостатки и ограничения

Как и у других методов производства, у аддитивных технологий есть вопросы, которые в настоящее время еще не решены. Во-первых, это небольшой выбор металлических порошковых материалов. Все их составы соответствуют европейским стандартам и нормативам. Изготовление же порошка заданного состава нерентабельно и имеет смысл только при больших объемах, поэтому применять их в летных изделиях российского производства пока невозможно. Во-вторых, не исследованы до конца прочностные характеристики получаемых изделий и методы их улучшения. В-третьих, стоимость изготовления деталей методом аддитивного выращивания достаточно высокая, поэтому вопрос эффективности применения метода печати зависит от их сложности и требует отдельной проработки. Все эти вопросы ограничивают в производстве ракетно-космической техники массовое применение деталей, полученных методом аддитивных технологий.

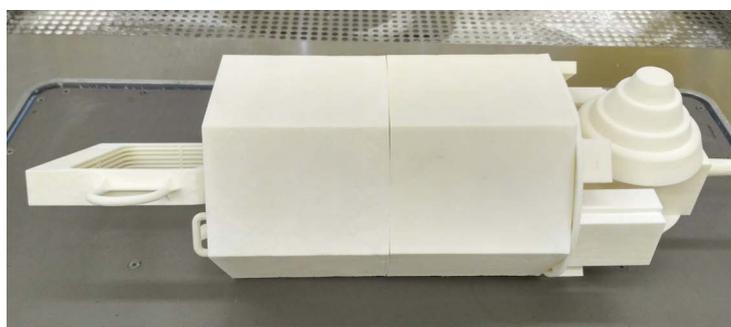
Заключение

На сегодняшний день в ракетно-космической отрасли происходит адаптация аддитивных технологий к реальному промышленному производству: определяются области максимально эффективного применения, разрабатывается нормативно-техническая документация, проводятся исследования по определению физико-механических характеристик изделий. Тем не менее уже сейчас существует широкий круг возможностей применения аддитивных технологий, когда создаются уникальные изделия, геометрия и форма которых далека от сложившихся представлений о машиностроительном конструировании. ■

Литература

1. Микрин Е.А. Перспективы развития отечественной пилотируемой космонавтики // Космическая техника и технологии. 2017 № 1(16). С. 5–11.
2. Артемов А.Л., Дядченко В.Ю., Лукьяшко А.В., Новиков А.Н., Попович А.А., Рудской А.И., Свечкин В.П., Скоромнов В.И., Смоленцев А.А., Соколов Б.А., Солнцев В.Л., Суфияров В.Ш., Шачнев С.Ю. Отработка конструктивных и технологических решений для изготовления опытных образцов внутренней оболочки камеры сгорания многофункционального жидкостного ракетного двигателя с использованием аддитивных технологий. // Космическая техника и технологии. 2017 № 1(16). С. 50–62.
3. Зайцев А.М., Шачнев С.Ю. Селективное спекание в производстве изделий ракетно-космической техники // Ритм. 2012 № 6(74). С. 34–36.

Рис. 3. Гидромакет малогабаритного спутника, выращенный методом селективного лазерного спекания



Прямое лазерное выращивание – прорыв в изготовлении крупногабаритных изделий

Г.А. Туричин, М.О. Скляр, К.Д. Бабкин, О.Г. Климова-Корсмик, Е.В. Земляков
Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

В последнее десятилетие происходит интенсивное внедрение аддитивных технологий практически во все отрасли промышленности. Основной тенденцией развития является увеличение производительности при сохранении требуемого качества изготавливаемого изделия. Одной из перспективных в данном направлении является технология прямого лазерного выращивания.

В процессе прямого лазерного выращивания изделие формируется из металлического порошка, подаваемого сжатой струей газа непосредственно в зону воздействия лазерного излучения [1, 2]. При этом рабочий инструмент перемещается по траектории, повторяющей контуры слоя изделия в поперечном сечении (рис. 1). Эта технология позволяет создавать детали сложной формы по заранее заданной 3D модели. При этом, используя порошки различных составов, становится возможным получение деталей с градиентными свойствами. Габариты изделий практически не ограничены [3].

По мере инноватизации производства возникает ряд проблем, устранение которых невозможно с точки зрения традиционных подходов. Усложнение геометрических форм и увеличение требований к деталям и узлам конструкций приводит к увеличению стоимости оборудования, инструментов и оснастки, увеличению

цикла изготовления, что, в свою очередь, значительно повышает себестоимость производимой продукции. Технология прямого лазерного выращивания позволяет решить все перечисленные задачи за счет повышения производительности (примерно в 10 раз) и снижения материалоемкости изготовления деталей сложной формы путем точного повторения заданной конструктором траектории изделия. При этом расширяются границы технологических и конструкторских возможностей, так как происходит полная автоматизация и «цифровизация» производства. Такой подход открывает широкие возможности в судостроении, машиностроении, ракетно-космической отрасли, медицине. Бионический дизайн в авиационной промышленности позволяет снизить вес деталей в 1,5–5 раз без потери прочности и ресурса, а за счет неограниченных возможностей получаемых форм геометрия изготавливаемых изделий ограничена

только фантазией конструктора (рис. 2) [4, 5].

В Институте лазерных и сварочных технологий (ИЛиСТ) разработаны и изготовлены технологические установки и технологический инструментальный набор прямого лазерного выращивания. На их базе проведены технологические исследования процесса выращивания образцов из порошковых сплавов на основе Ni, Fe, Ti, Co [4–7].

На данный момент разработан и изготовлен ряд машин для лазерного выращивания, построенных на следующих принципах:

- в качестве манипуляторов используются промышленный робот Fanuc и двухосный позиционер для лазерной головки и заготовки соответственно. В общей сложности обеспечивается восемь осей свободы для получения сложной геометрии;
- в качестве источника нагрева и плавления металлического порошка используется воло-

Рис. 1. Процесс прямого лазерного выращивания крупногабаритных изделий



Рис. 2. Изделия, полученные методом прямого лазерного выращивания на оборудовании, разработанном в ИЛИСТ



конный лазер IPG мощностью от 500 до 5000 Вт;

- для предотвращения негативного влияния газов окружающей среды на заготовку предусмотрена герметично закрытая камера с контролируемой атмосферой чистого аргона. Внутренний объем оптимизирован для снижения потребления аргона;

- Модульная лазерная головка, которая оснащена сменными наборами сопел для различных применений, включая не только выращивание, но и процесс сварки.

Существующие модели (рис. 3) обеспечивают максимальный размер изготавливаемой детали:

«S» с камерой 1,4 м³ – Ø300 мм, Н = 300 мм, 30 кг;

«L» с камерой 6 м³ – Ø1000 мм, Н = 600 мм, 250 кг;

«XL» с камерой 25 м³ – Ø1600 мм, Н = 600 мм, 250 кг.

Использование промышленных роботов открывает новые возможности. Простота и широкий диапазон моделей позволяют адаптировать машину к размерам заготовки. В ходе исследований было показано, что детали диаметром 1600 мм и весом 150 кг не являются пределом для этой технологии. При использовании волоконно-оптического лазера 3 кВт нормальная скорость выращивания стенки толщиной 2,5 мм составляет около 1,5 кг/ч. Таким образом, производство изделия массой 150 кг занимает около 110–120 часов (с учетом простоя

переходов). Когда речь идет о реальной производственной задаче, промышленные роботы позволяют адаптировать машину для выращивания по требованию заказчика. Например, если типичный размер заготовки мал, – уменьшение размера камеры и охвата робота приводит к снижению издержек производства: потреблению аргона, времени обслуживания и времени переключения, площади основания и цены машины.

Восемь степеней свободы значительно увеличивают сложность геометрии по сравнению с пятиосевыми машинами. Можно создавать потолочные плиты в труднодоступных местах. Также возможно использовать 6-осевой

Рис. 3. Установка для прямого лазерного выращивания а) размер S, б) размер L, в) размер XL

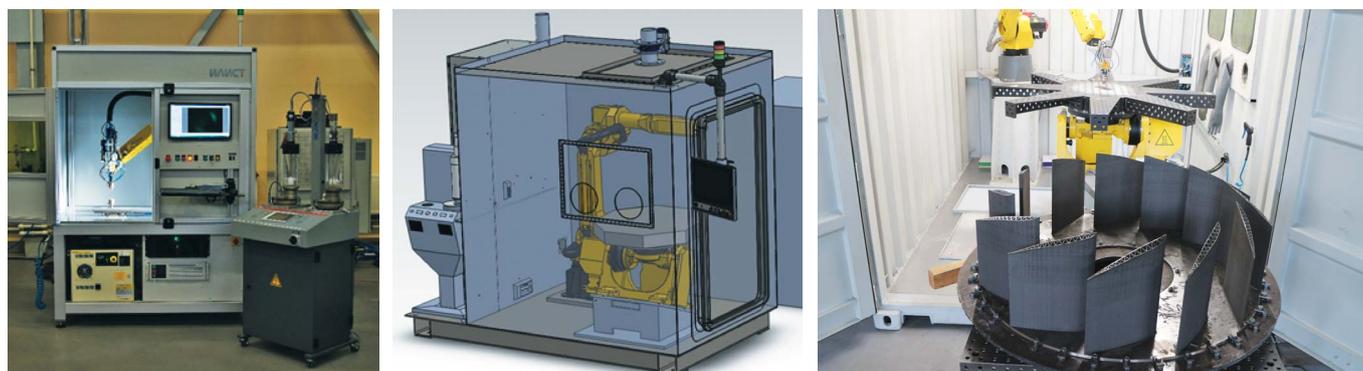
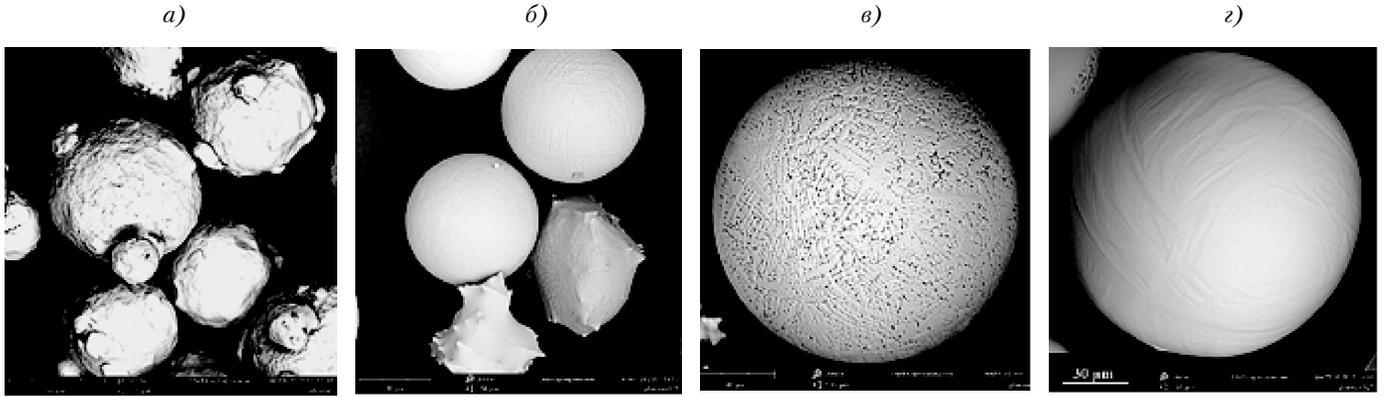


Рис. 4. Поверхность частиц порошка а) 316L [7], б) ЭИ 698, в) VT20, г) ЖС6У



робот в качестве манипулятора заготовки со стационарной или движущейся головкой осаждения. В случае использования захвата в качестве робота ЕОАТ может быть реализован полностью автоматический рабочий поток, когда робот меняет подложки без помощи оператора.

При изготовлении изделий методом прямого лазерного выращивания исходным материалом служит порошок со сферической или близкой к сферической формой (фракционный состав может варьироваться от 40 до 200 мкм). Наличие на поверхности порошка дефектов виде саттелитов является допустимым (рис. 4 а). Недопустимо присутствие оксидных плёнок или каких-либо других загрязнений, такие дефекты приведут к образованию неметаллических включений в структуре конечных изделий.

Использование метода прямого лазерного выращивания за счет варьирования параметров процесса позволяет получать структуру изделия в зависимости от требований («управляемую» структуру [1]). Это может быть ячеисто-дендритная структура или литая структура с различными размерами структурных составляющих. При этом частицы порошка служат центрами кристаллизации и кристаллизация идет не от поверхности, а из объема — залог получения мелкозернистой структуры металла (рис. 5 а, б). К примеру, на рис. 5 в, г представлена структура никелевого сплава, полученного методом литья и методом прямого лазерного выращивания.

Проведенные исследования структуры и свойств показали, что все выращиваемые изделия обладают высокими механическими

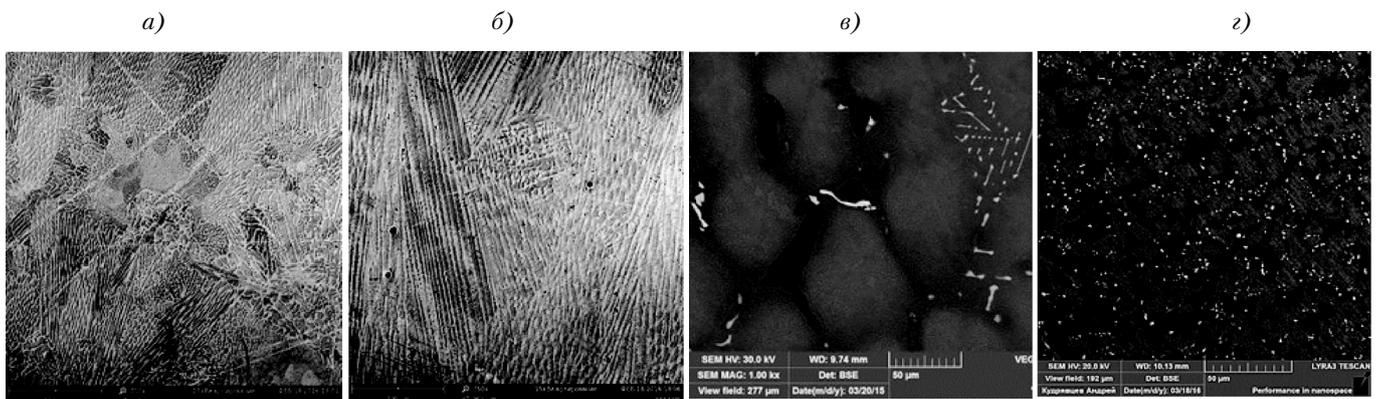
характеристиками и сопоставимы с характеристиками изделий, получаемых другими методами.

Разработанные комплексы являются универсальными, за счет модульности значительно сокращаются сроки изготовления оборудования по техническим требованиям заказчика. Благодаря сравнительно простой модернизации становится возможным повышение эффективности внедряемых в производство новых технологий.

Проведенные исследования показали, что технология обеспечивает механические свойства изделий, не уступающие традиционным технологиям производства.

Технология позволяет увеличить производительность, снизить расход материала, сократить цикл производства, что, в свою очередь, приводит к снижению цены изделия.

Рис. 5. Структура образца из стали 316 l полученного методом ПЛВ а) мощность 700 Вт [7]; б) мощность 1200 Вт [7]; в) микроструктура сплава ЖС6У (литье) [6]; г) микроструктура сплава ЖС6У (прямое лазерное выращивание) [6]



formnext



International exhibition and conference on the next generation of manufacturing technologies

Frankfurt, Germany, 14 – 17 November 2017
formnext.com

Apple, BASF, L'Oréal,
Nike, Porsche, Rolex...*

At formnext, you can meet developers and production managers from world's most prominent industrial companies.

Show them what you can do – register as an exhibitor at formnext 2017!

*Just a few of the companies visiting in 2016.

Where ideas take shape.

Таблица 1.
Механические свойства изделий из различных сплавов

Материал, вид обработки	Прямое лазерное выращивание		
	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	δ , %
Сплавы на основе титана			
BT20, ПЛВ	882	968	6,6
BT20, литье+ТО	876	951	6,4
BT6, ПЛВ	860,5	910	7,0
BT6, листы после отжига	885–1080	–	8,0
Сплавы на основе никеля			
ЭИ 698, ПЛВ	840	1030	18
ЭИ 698, литье+ТО	705	1150	16
Inconel 625, ПЛВ	488	865	27,7
Inconel 625, прокатка	415	827	28
ЖС6У, ПЛВ	1046	1350	11,5
ЖС6У, ПЛВ+литье	1075	1100	2,9
Сплавы на основе железа			
Нерж. сталь 316, ПЛВ	275	570	50
Нерж. сталь 316L, литье+ТО	262	552	55
Нерж. сталь 316L, холодный прокат	255–310	525–623	30

Литература

1. Turichin G.A., Klimova O.G., Zemlyakov E.V., Babkin K.D., Kolodyazhnyy D.Yu., Shamray F.A., Travyanov A.Ya., Petrovskiy P.V. Technological aspects of high speed direct laser deposition based on heterophase powder metallurgy Physics Procedia 78 (2015), Pp. 397–406.
2. Turichin G.A., Somonov V.V., Babkin K.D., Zemlyakov E.V., Klimova O.G. High-Speed Direct Laser Deposition: Technology, Equipment and Materials//IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 125. Iss. 1. 2016
3. Туричин Г.А., Земляков Е.В., Климова О.Г., Бабкин К.Д., Шамрай Ф.А., Колодяжный Д.Ю. Прямое лазерное выращивание – перспективная аддитивная технология для авиадвигателестроения//Сварка и диагностика, № 3. 2015. С. 54–57.
4. Glukhov V., Turichin G., Klimova-Korsmik O., Zemlyakov, Babkin, K. Quality management of metal products prepared by high-speed direct laser deposition technology//Key Engineering Materials. Vol. 684. 2016. Pp. 461–467.
5. Туричин Г.А., Климова-Корсмик О.Г., Земляков Е.В., Бабкин К.Д., Шамрай Ф.А., Петровский П.В., Травянов А.Я., Колодяжный Д.Ю. Аддитивная технология гетерофазной порошковой лазерной металлургии // Технологии лёгких сплавов. № 1, 2016.
6. Klimova-Korsmik O., Turichin G., Zemlyakov E., Babkin K., Petrovsky P., Travyanov A. Structure formation in Ni superalloys during high-speed direct laser deposition//Materials Science Forum. Vol. 879. 2017. Pp. 978–983.
7. Sklyar M.O., Turichin G.A., Klimova O.G., Zotov O.G., Topalov I.K. Microstructure of 316L stainless steel components produced by direct laser deposition//Steel in Translation. Vol. 46, Iss. 12. 2016. Pp. 883–887.

CLIP-технология: материалы и их применение

Н.М. Максимов. ООО «Ника-Рус»

Технология CLIP-печать в объеме компании Carbon продолжает развиваться. В данной статье представим линейку фотополимерных материалов компании, которые нашли уже свое применение в реальных промышленных изделиях, обеспечивая им новые возможности.

Напомним, что CLIP-технология обладает двумя основными преимуществами в сравнении с традиционными аддитивными технологиями, основанными на послойном выращивании изделий [1, 2, 3]. Это высокая скорость построения (на порядки выше) и однородная структура материала изделия (нет анизотропии свойств по разным направлениям).

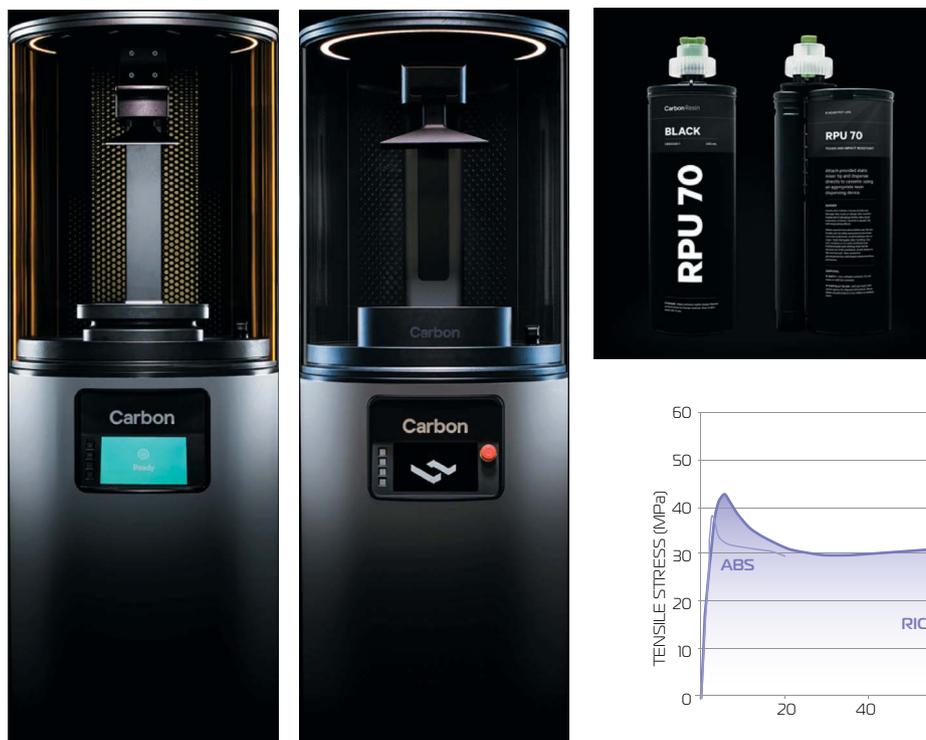
Технология фотополимеризации материалов хорошо известна и широко используется, в том числе и в АМ (например, принтеры Envisiontec). Создание так называемой «мертвой зоны» за счет сочетания облучения ультрафиолетом и подачи кислорода в ванну с жидким фотополимером (технология CLIP) позволило выращивать изделие непосредственно в объеме.

На сегодня компания Carbon представила две модели 3D-принтеров — М1 (рабочая зона 141x79x326 мм) и М2 (рабочая зона 189x118x326 мм, рис. 1) и целую линейку полимерных материалов, с которыми они работают. Причем использование

широкого спектра присадок дало возможность наладить производство материалов с прогнозируемыми свойствами, включая новые классы полимеров, таких как полиуретановые и цианоэфирные смолы. Это можно рассматривать как начало новой эры, в которой впервые цифровые технологии соединились с миром промышленных полимеров. Последние в свою очередь затрагивают почти любую отрасль производства и практически каждого человека.

Жесткий полиуретан (RPU)

Гибкий, прочный и жесткий материал предназначен для использования в промышленности, включая потребительские товары



← Рис. 1. Принтеры М1, М2 и пример упаковки материала

Рис. 2. Зависимость удлинения (%) от усилия растяжения (МПа) для RPU и ABS материалов

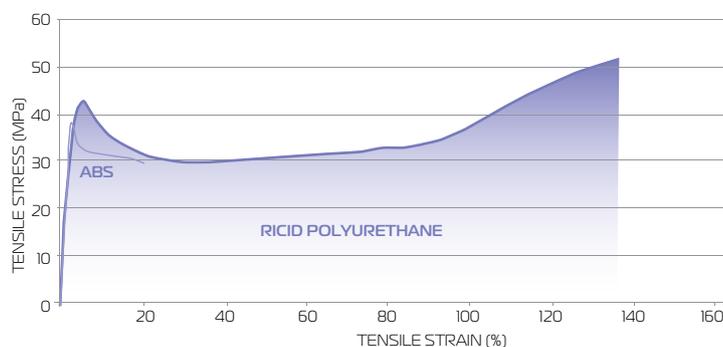
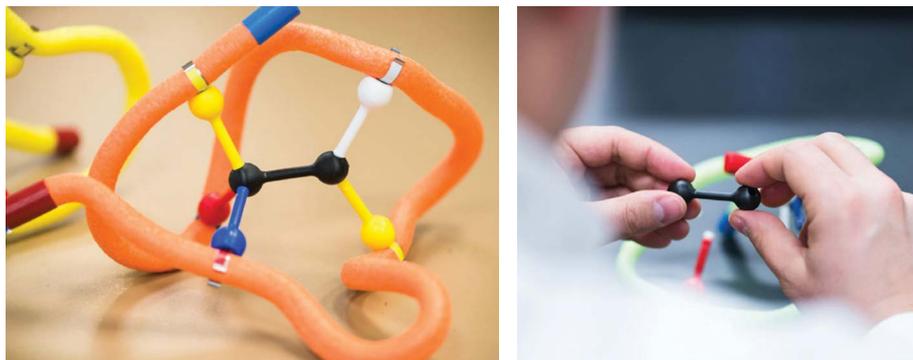


Рис. 3. Модель молекулы и ее соединительные элементы



и автомобилестроение. По свойствам RPU сравним с ABS, при этом имеет высокую степень огнезащиты UL94HB. RPU выдерживает нагрузку в 45 МПа, оставаясь при этом жестким и прочным, и удлиняется на 100% перед разрушением (рис. 2), превосходя по сочетанию свойств ABS-пластик и нейлон. Три типа материалов RPU 60, RPU 61 и RPU 70 отличаются термостойкостью (возрастает от 58°C до 70°C) и жесткостью. Приведем примеры успешного применения материала RPU.

Центр прототипирования при Инженерной школе в Миллуоки оказывает услуги по печати заказов для своих 45 партнеров, используя 3D-принтер M1. В частности, для университета в Висконсине были напечатаны образцы молекул (более 500 разных видов, рис. 3) для изучения на факультете биологии. Часть из образцов имеет достаточно сложную форму и специальные защелки для многократной сборки-разборки, что не позволяет изготовить их традиционным

способом инъекционного литья. В планах Инженерной школы увеличить печать учебных наборов до тысяч единиц в ближайшее время, используя технологию CLIP.

Компания Soundz использовала принтер M1 для запуска линейки аудиосистем высшего класса для спортивных приложений, таких как мотоциклы, служебные автомобили и лодки. Основными требованиями были большая мощность и чистый качественный звук. Дополнительно требовалось высокое качество отделки поверхности, ее текстура, стойкость к ультрафиолетовому излучению и абразивному износу. Все это было реализовано с помощью технологии CLIP в короткие сроки, так что новая серия изделий успела к открытию крупнейшей выставки байкеров Daytona Bike Week (пример решетки системы на рис. 4).

Выгоды от использования технологии CLIP для этого примера:

- возможность получить приемлемое техническое решение намного быстрее даже с учетом

Рис. 4. Решетка акустической системы для мотоцикла



нескольких итераций за меньшую стоимость в сравнении с другими AM-технологиями;

- снижение затрат финансов и времени в процессе отработки технологии;
- получение готового продукта более быстро и с большей уверенностью в успехе.

Образцы других изделий из RPU показаны на рис. 5.

Гибкий полиуретан (FPU)

Ударопрочный материал FPU предназначен для изготовления жестких корпусов, шарнирных соединений и фрикционных накладок там, где имеются повторяющиеся нагрузки. FPU имеет высокую ударную вязкость, длительный жизненный цикл, технология CLIP обеспечивает гладкую поверхность изделия. Материал сопоставим с полипропиленом, в аддитивном производстве у него нет равных. FPU 50 выдерживает нагрузку в 29 МПа, оставаясь при этом жестким и прочным, и удлиняется на 280% перед разрушением (рис. 6). Его термостойкость составляет 78°C при нагрузке

Рис. 5. Примеры изделий из RPU: корпус (а), кронштейн крепления мотора (б), корпус зарядного блока (в), шильдик (г)

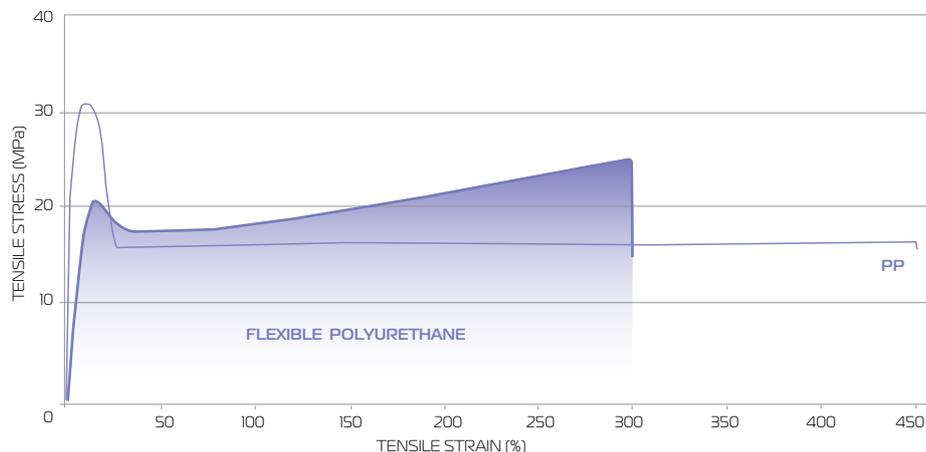


0,455 МПа и 52°С при нагрузке 1,82 МПа; диэлектрическая прочность — 13,0 кВ/мм; плотность — 1,053 г/см³.

Примером успешного применения материала FPU может стать продукция компания Delphi — поставщика комплектующих для автомобилестроительной отрасли. Используя принтер M1 и материал FPU для установки партии разъемов и других электрических компонентов в серию из 25 автомобилей, компания достигла поставленных целей. Традиционные же материалы в данном случае обеспечивают лишь около 50% механических свойств, необходимых для создания функциональных и конечных деталей. Другое важное преимущество M1 — сокращение сроков разработки нового продукта. Для дизайнеров компании в проекте появились новые возможности конструирования деталей без ограничений, накладываемых традиционными технологиями. Отсюда сетчатые внутренние структуры, более легкие детали, единые узлы вместо отдельных сборочных единиц, решение проблем уплотнения и т. д. При этом используются разные материалы: EPU для изготовления уплотнений для защиты проводов, FPU для защиты деталей во время сборки и RPU для электрических разъемов.

Наиболее интересны для использования технологии CLIP

Рис. 6. Зависимость удлинения (%) от усилия растяжения (МПа) для гибкого полиуретана (FPU) и полипропилена (PP, образец получен литьем в пресс-форму)



электрические разъемы, поскольку они представляют собой сложные детали с мелкими элементами, с механизмами фиксирования и блокировки, рассчитанными на определенные усилия удерживания и разъединения. Требование высокой точности изготовления этих деталей делает невозможным применение обычных технологий 3D-печати из-за появления зубчатых краев на детали, слоистой структуры и непредсказуемой производительности.

Высокое разрешение и мягкость технологии CLIP позволяют дизайнерам разрабатывать изотропные детали с гладкой поверхностью с нужным усилием для механизма зацепления отдельных деталей. Традиционные технологии требуют 6–12 недель для изготовления оснастки для литья под давлением. Любые из-

менения в конструкции оснастки потребуют еще почти столько же времени.

Производство функциональных деталей и узлов на M1 дало возможность компании Delphi сократить время выполнения заказов и обеспечить клиентов нужными материалами для тестирования (рис. 7). Примеры изделий из FPU также представлены на рис. 8.

Эластичный полиуретан (EPU)

EPU — это высокоэластичный, устойчивый к разрыву, упругий материал, не имеющий равных в аддитивных технологиях. Уникальное сочетание высоких свойств: прочности на разрыв, воз-

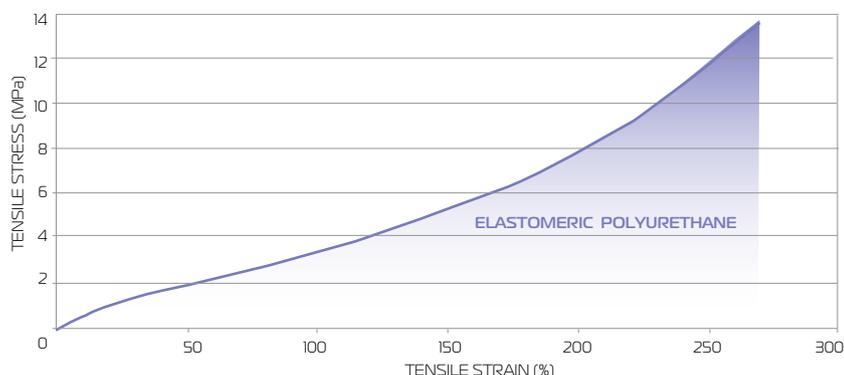
Рис. 7. Детали для автомобильного производства, изготовленные по технологии CLIP



Рис. 8. Примеры изделий из FPU: крепеж с защелкой (а), лента для крепления многоразового использования (б), камера с креплением в сборе (в), разъем (г)



Рис. 9. Зависимость удлинения (%) от усилия растяжения (МПа) для EPU эластомера



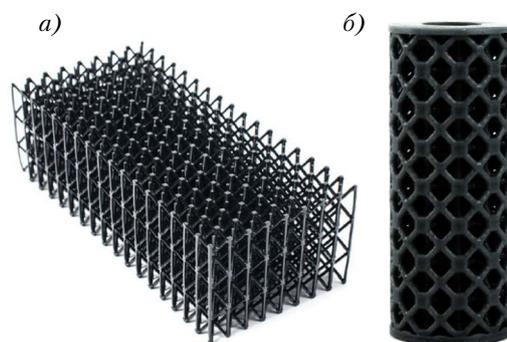
врата энергии и удлинения — делают его идеальным для амортизации, виброизоляции, прокладок и уплотнений. EPU сопоставим с эластомером ТРО (термопластическим полиолефином) и ведет себя аналогично полиуретановым эластомерам с литьевым формованием, проявляя упругость в широком температурном диапазоне. При достижении нагрузки разрыва образец удлиняется на 310% (рис. 9). Предел его прочности на растяжение — 10,2 МПа; удлинение при разрыве — 310%; плотность — 1,025 г/см³. Примеры деталей из EPU представлены на рис. 10.

Компания Carbon совместно с Adidas разрабатывает первый массовый процесс производства спортивной обуви с использованием технологии CLIP и новых эластомерных материалов. При этом каждая пара обуви может быть создана под уникальные потребности клиента [4].

Проблема конструирования подошвы обуви с переменными свойствами по ее длине и глубине не может быть решена с помощью традиционных технологий литья или формования в пресс-формах. Существующие 3D-технологии позволяли лишь изготавливать прототипы готовых изделий, а производство все равно ориентировалось на привычные технологии. И только CLIP-технология дала и нужные материалы, и высокую скорость печати, и отличное качество готовых изделий (рис. 11).

Традиционный путь создания модели обуви: дизайн — прототип — оснастка — производство был заменен на более короткий и быстрый — дизайн — производство. Это позволило испытать более пятидесяти типов различных решеток подошвы перед запуском модели в производство вместо обычных 3–5 циклов при традиционном производстве.

Рис. 10. Примеры деталей из EPU: пространственная решетка (а), амортизатор (б)



Adidas создал производственную платформу Futurecraft 4D для изготовления пользовательской обуви с максимальной производительностью, уникальной для каждого клиента. Триста пар Futurecraft 4D выпущены в апреле 2017 года для друзей и семьи, за ними последует более 5000 пар для розничной торговли для сезона осень — зима 2017 года. И к концу 2018 г. Adidas планирует создать более 100 000 пар обуви по новой технологии.

Цианоэфирный материал (Cyanate Ester, CE)

Материал CE обладает высокими термостойкостью и жесткостью. CE 221, CE 220 идеально подходят для применений, требующих долговременной работы при повышенных температурах, таких как компоненты под капотом автомобиля, электронные сборки и промышленные изделия. Их предел прочности

Рис. 11. Обувь Adidas, выполненная с помощью технологии Clip (а), ячеистая структура подошвы (вид сверху — б, вид сбоку — в)



на растяжение — 92 ± 13 МПа, относительное удлинение при разрыве — $3,3 \pm 0,8\%$, модуль Юнга — 3870 ± 140 МПа, термостойкость — 231°C . СЕ ведет себя подобно нейлону с 14% стеклянного наполнителя (GFN 6). Он обладает отличной термической стабильностью и химической стойкостью. СЕ выдерживает растяжение более 92 МПа перед разрушением (рис. 12). Примеры успешного применения материала СЕ приведены на рис. 13.

Рассмотрим еще пример подробнее. С учетом растущих потребностей в энергии в будущем центры обработки данных делают огромные инвестиции в технологии, которые оптимизируют эффективность их инфраструктуры. В рамках этих усовершенствований используются технологии жидкостного охлаждения следующего поколения для преодоления недостатков и неэффективности традиционных методов охлаждения на основе воздушного потока. Вместо охлаждения всего пространства системы жидкостного охлаждения поглощают тепло непосредственно от серверов. Поскольку плотность жидкости почти в тысячу раз больше плотности воздуха, они намного эффективнее при переносе тепла, чем системы на основе воздушного потока.

Сегодня однофазные системы жидкого охлаждения поглощают тепло, нагревая смесь вода-гликоль или масло. Оба материала представляют потенциально катастрофические риски короткого замыкания и сложность в обслуживании. Новое решение предложила компания Ebullient (Мэдисон, штат Висконсин) на основе двухфазной системы охлаждения. В двухфазных системах точного охлаждения DirectJet герметичные охлаждающие модули (рис. 14) устанавливаются на серверах и охлаждают критические компоненты. Непроводящая жидкость закачивается в камеру

в охлаждающем модуле, а затем попадает на медную пластину, которая находится в тепловом контакте с критическими компонентами сервера. Жидкость частично испаряется внутри модуля и образует множество пузырьков пара, которые переносят тепло от критических компонентов, предохраняя их от перегрева.

Технология CLIP позволила использовать все возможности проектной модели модуля, которые при традиционной литейной технологии изготовления невозможно было реализовать: геометрия изделия, точные минимальные отверстия, гладкость поверхности, которые в целом определяют эффективность потока жидкости и теплопередачи.

Материал, используемый в охлаждающих модулях, должен выдерживать значительные нагрузки: давление жидкости и температуры до 100°C . Большинство материалов, доступных для технологий SLA и SLS, имеют тенденцию к деградации около 60°C . Углеродная смола на основе цианата сложных эфиров (СЕ 221) является единственным материалом на рынке, который имеет температуру стеклования не менее 175°C [347°F].

Производство охлаждающих модулей с СЕ 221 также более экономически выгодно, чем литье под

Рис. 12. Зависимость удлинения (%) от усилия растяжения (МПа) для СЕ и GFN материалов

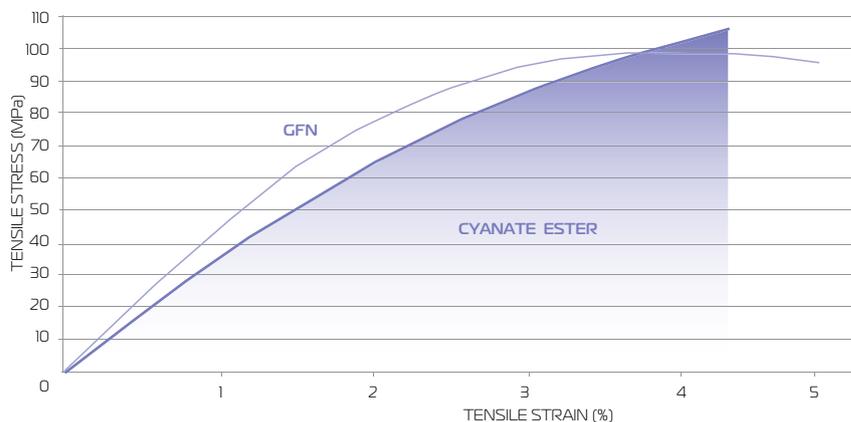


Рис. 13. Примеры применения материала СЕ: шнек (а), устройство для очистки пипеток (б), охлаждающий модуль (в), жидкостной коллектор (г)

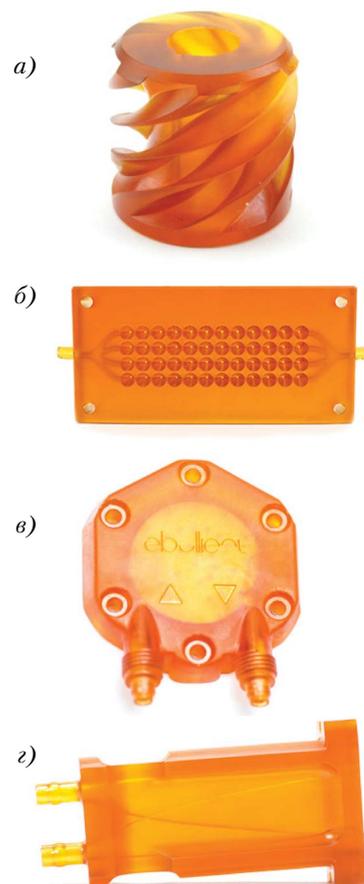
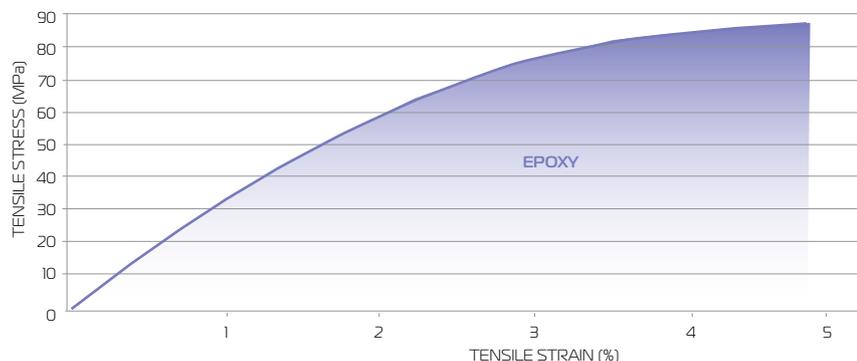


Рис. 14. Рабочий охлаждающий модуль



Рис. 15. Зависимость удлинения (%) от усилия растяжения (МПа) для EPX 81 материала



давлением. Учитывая сложность отдельных элементов детали и наличие внутренних полостей, одна пресс-форма может стоить десятки тысяч долларов, и эта форма подходит только для одного модуля и со временем изнашивается. Технология CLIP позволяет Ebullient избежать дорогостоящих затрат на оснастку для каждого нового дизайна модуля.

Эпоксидный материал (Ероху, EPX)

EPX 81 является самым точным высокопрочным жестким материалом с механическими свойствами, сопоставимыми с материалом PBT с 20% стеклянным наполнителем, который обычно используют при изготовлении электрических разъемов. Он имеет термостойкость 140°C и отличную стойкость к истиранию, что позволяет использовать его

в различных автомобильных, промышленных и потребительских продуктах. Его свойства: предел прочности на растяжение — 88 ± 3 МПа; относительное удлинение при разрыве — $5,2 \pm 0,7\%$; модуль Юнга — 3140 ± 105 МПа, термостойкость — 140°C. Тест на растяжение (рис. 15) подтверждает его прочность и жесткость, поскольку он выдерживает более 88 МПа усилия на растяжение перед разрушением. Пример успешного применения материала EPX представлен на рис. 16.

Уретан метакрилат (UMA: Urethane Methacrylate)

Семейство UMA содержит жесткие материалы, подобные обычным SLA-материалам. UMA 90 — это простая в использовании смола с одним отверждением, обладающая повышенной ударной вязкостью. Она хорошо подходит

Рис. 17. Зависимость удлинения (%) от усилия растяжения (МПа) для UMA

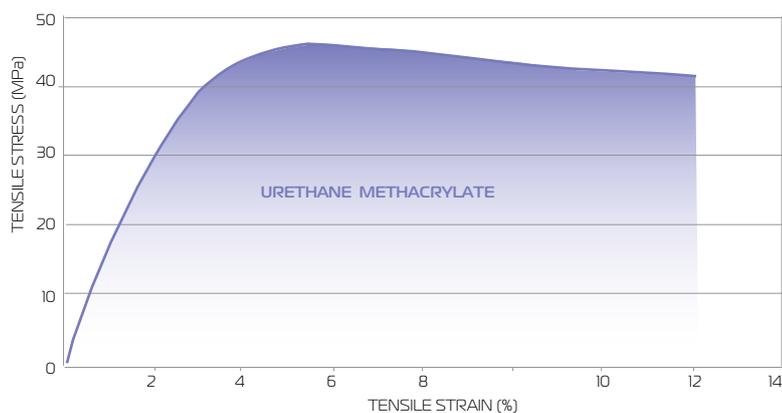


Рис. 16. Электрический разъем



для изготовления зажимов, приспособлений и прототипов общего назначения. Зависимость деформации от нагрузки (рис. 17) показывает, что материал сохраняет свои высокие характеристики при максимальной нагрузке. Его свойства в твердом состоянии: предел прочности на растяжение — 46 ± 3 МПа; относительное удлинение при разрыве — $17 \pm 2\%$; термостойкость — 51°C. Примеры применения показаны на рис. 18.

Материал для стоматологов (DPR)

Углеродная смола DPR 10 идеально подходит для стоматологических моделей и коронок. Материал обеспечивает высокое разрешение, близкий к естественному цвет и гладкую поверхность изделий. DPR 10 также может быть утилизирован с учетом экономного использования. Свой-

Рис. 18. Примеры успешного применения материала CE: крыльчатка (а), фиксатор для кабелей (б)



ства материала DPR 10 (после УФ-отверждения): предел прочности на растяжение — 46 ± 4 МПа; относительное удлинение при разрыве — 4 ± 1 %; термостойкость — 61°C . Примеры использования материала DPR 10 представлены на рис. 19 и в [5].

Для стоматологических и ортодонтических лабораторий в США, которые оказывают услуги для примерно 190 000 стоматологов, важно инвестировать в новые цифровые технологии, которые будут точны, быстры и обеспечат высокое качество изделий, сохраняя при этом экономическую эффективность и простоту процесса разработки модели. Технология Clip, используемая с зубной смолой DPR 10, способна выполнять 3D-печать с точными высококачественными стоматологическими моделями в десять раз быстрее, чем другие методы. Точное создание зубных моделей также достигается благодаря программному обеспечению Carbon, которое объединяет оборудование и материалы для создания повторяемо-

Рис. 19. Модели нижней арки зубов и коронки зубов



го и масштабируемого решения для печати. Кроме того, имеется интеграция с существующими специальными программными продуктами для конкретных стоматологических решений.

Таким образом, компания Carbon нашла оптимальный путь развития, создав революционную CLIP-технологию промышленного изготовления деталей и соединив ее с огромным миром полимеров. Результат получился отменным. Очевидно, что это только начало в длинном списке новых материалов с заданными свойствами и их уникальных применений. ■

Литература

1. www.carbon3d.com
2. Максимов Н. М. Clip-выращивание деталей в объеме // РИТМ машиностроения. — 2015. — № 8. — С. 26–31.
3. <https://player.vimeo.com/video/212079855?autoplay=1&loop=1&title=0&byline=0&portrait=1#>
4. Максимов Н. М. Мировой рынок аддитивных технологий // Аддитивные технологии. — 2017. — № 2. — С. 16–23.
5. <https://player.vimeo.com/video/215542236?autoplay=1&loop=1#>







ВАШ ПАРТНЕР ПО КАЧЕСТВУ



The University of Manchester

12 ОКТЯБРЯ 2017

МИСиС

г. Москва



МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

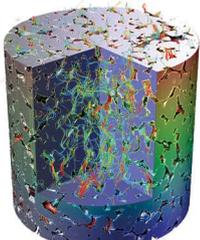
«ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

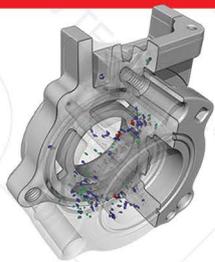
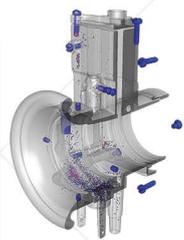
В ПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ»

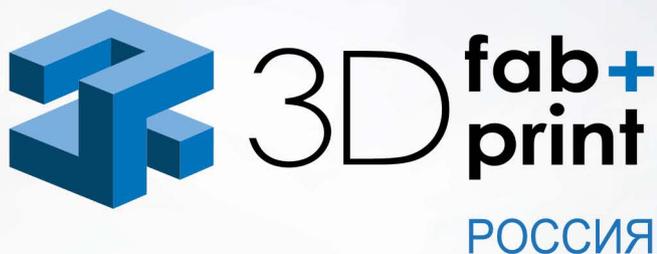
Организатор: ООО «Совтест АТЕ»

8 (800) 200 54 17

sovtest-ate.com info@sovtest.ru





Проект аддитивных технологий
и 3D-печати в промышленности

23 - 26 января 2018

www.3dfabprint.ru

в рамках выставки «интерпластика»



Ваше
трехмерное
пространство
в России

Место проведения:



Партнер:

Организатор:



000 «Мессе Дюссельдорф Москва»
119021 Россия, Москва
ул. Тимура Фрунзе, д. 3, стр. 1
Тел.: +7 495 955 91 99 _ факс: +7 499 246 92 77
www.messe-duesseldorf.ru



МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

СТАНКОСТРОЕНИЕ

10-13 октября 2017

Крокус Экспо, Москва



При поддержке:

Министерства Промышленности и Торговли Российской Федерации
Торгово-промышленной Палаты Российской Федерации
Московской торгово-промышленной Палаты
Союза машиностроителей России



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



- **Металлообрабатывающее оборудование**
 - **Обработка листового металла**
 - **Кузнечно-прессовое оборудование**
 - **Трубогибочное оборудование**
 - **Инструмент и оснастка**
 - **Сварочное оборудование**
 - **Робототехника и системы чпу**
 - **Измерительная техника**
 - **Термообработка**
 - **Литейное производство**
 - **Деревообрабатывающее оборудование**
- Выставка «3d. Аддитивные технологии»**

Организатор выставок:



Райт Солюшн

Верное решение для вашего бизнеса!

+7(495) 988-27-68

www.stankoexpo.com

РИТМ

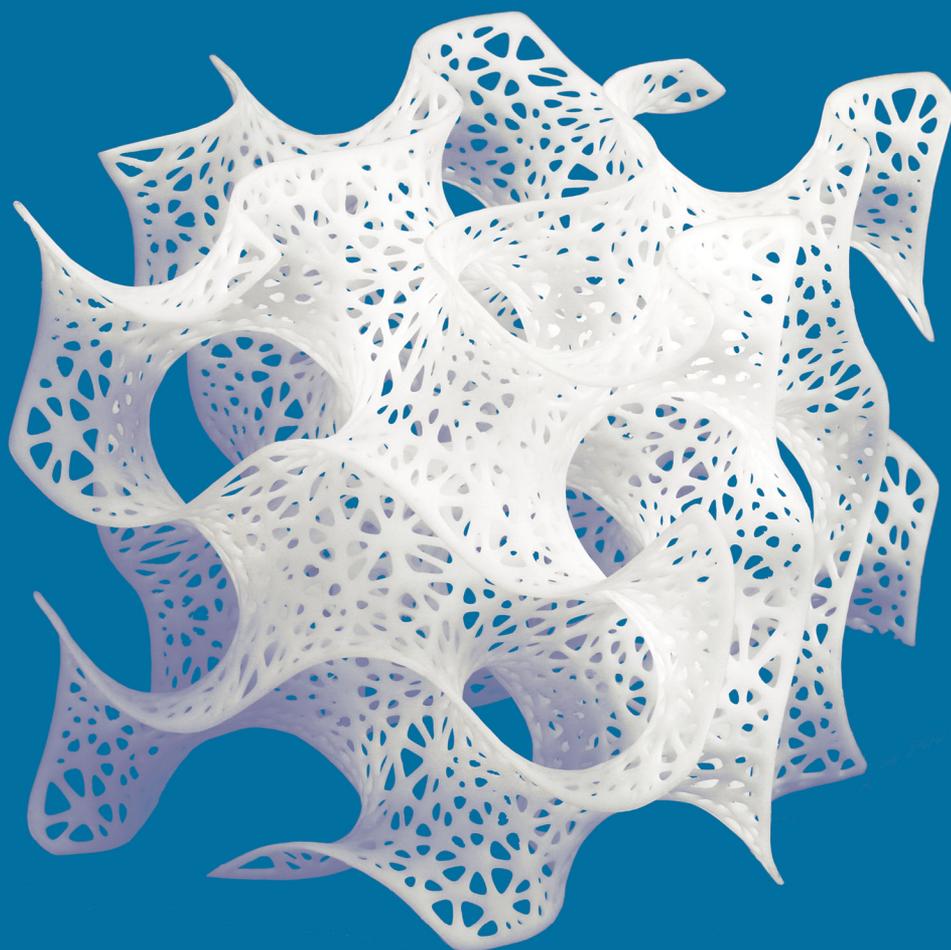
МАШИНОСТРОЕНИЯ

www.ritm-magazine.ru
ritm@gardes mash.com

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

UnionTech™

Create your imagination



Shanghai Union Technology Corporation
115191, Россия, Москва,
2-я Рощинская, д. 4, офис 314
+7 (499) 390-72-80
info@uniontech3d.ru
www.uniontech3d.ru

Промышленные 3D-принтеры Стереолитография (SLA)

