



HERCULES | G Series

ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ FDM-3D-ПРИНТЕРЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ, ГИБКИХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

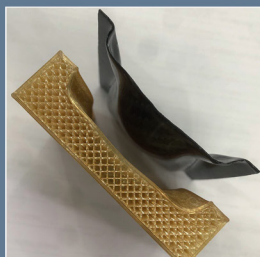
УЗНАЙТЕ, КАК 3D-ПРИНТЕРЫ IMPRINTА ПРИМЕНЯЮТСЯ
ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО РЕМОНТА ВВСТ И ДРУГОГО ОБОРУДОВАНИЯ

С. 4



Ремонт бойков радиально-ковочной машины методом прямого лазерного выращивания

16



Инновационное применение 3D-печати в производстве композитных деталей

20



Двигателестроение: инновации, технологии, производство

32

РУЧНАЯ ЛАЗЕРНАЯ НАПЛАВКА

С ПРИМЕНЕНИЕМ LIGHTWELD 1500

ОБОРУДОВАНИЕ
АТТЕСТОВАНО НАКС

Области применения:

- Обработка плоских деталей и тел вращения
- Локальное устранение дефектов (трещины, задиры, забоины)
- Восстановление геометрических размеров деталей
- Придание требуемых физико-механических свойств покрытию

Преимущества технологии:

- Энергия, вводимая в зону обработки, строго дозируется
- Возможна локальная обработка
- Общая поступающая тепловая энергия низкая
- Высокая скорость нагрева и остывания наплавляемого слоя
- Стабильность высоты наплавляемого слоя
- Минимальная деформация изделия
- Стабильность и контроль параметров процесса



ПРОИЗВОДСТВО И СЕРВИС НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Наплавка с помощью LightWELD

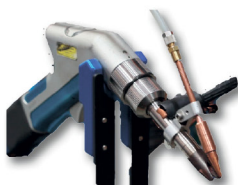
Лазерная наплавка – метод нанесения материала при помощи лазерного излучения, используемого для создания ванны расплава на обрабатываемой поверхности и добавлении присадочного материала в виде металлического порошка или проволоки.

Требуемый набор оборудования:

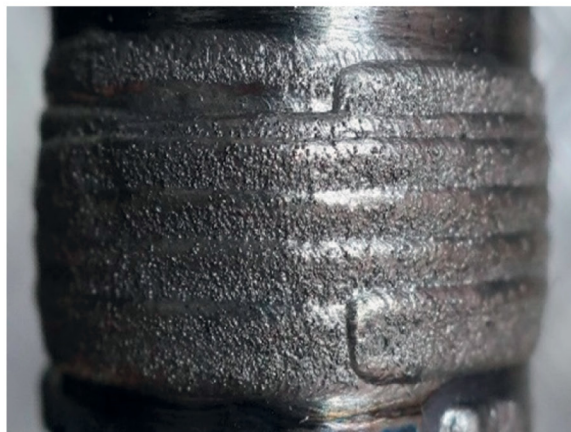
LightWeld 1500



Дополнительная насадка

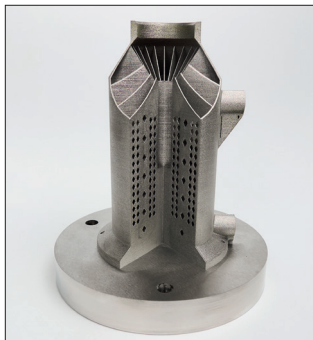


Порошковый питатель





4



8



36

СОДЕРЖАНИЕ

- 2 Рынок технологий аддитивного производства РФ в 2021–2027 гг.
- 4 Квадрига успеха «Импринты»
- 8 AM.TECH — жемчужина российского рынка L-PBF-печати
- 14 Будущее аддитивного производства в России: роль специалистов нового поколения
- 16 Ремонт бойков радиально-ковочной машины методом прямого лазерного выращивания в условиях ООО «Гранком»
- 20 Инновационное применение 3D-печати в производстве композитных деталей
- 22 Роль Ассоциации развития аддитивных технологий для отрасли 3D-печати в России
- 26 Системный подход к развитию аддитивных технологий в России
- 31 «Росатом» открывает новые центры
- 32 Двигателестроение: инновации, технологии, производство
- 34 Большое внимание к аддитивным технологиям
- 36 «Металлообработка-2024»: аддитивные технологии
- 40 День реверс-инжиниринга
- 41 «Аддитивный конгресс #1» с элементами цифры: погружение в мир 3D-технологий
- 42 Выбор режима экструзионной 3D-печати ТПУ-пластиком



Издатель ООО «ПРОМЕДИА»
директор О. Фалина

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

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

отдел рекламы
т/ф (499) 55-9999-8

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

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

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



Тел.: 8 (4912) 51-19-41
8 (800) 444-29-41
+7 (930) 783-19-41
E-mail: 3d@3d-shop.ru

www.fdm-shop.ru
www.moldcast.ru

- Изготовление пластиковых, резиновых и металлических деталей на заказ.
- Официальный поставщик 3D-принтеров, 3D-сканеров и расходных материалов.
- 3D-печать прототипов и макетов различными технологиями.
- 3D-моделирование по образцам, чертежам и фотографиям.
- Высокоточное и художественное 3D-сканирование, обратное проектирование, реверс-инжиниринг.
- Промышленное литье деталей различными партиями.

г. Рязань, ул. Каширина, стр. 1Б, 1 подъезд, 5 этаж

Рынок технологий аддитивного производства РФ в 2021–2027 гг.



В рамках московской выставки «Металлообработка–2024» прошел круглый стол **«Современные методы производства. Аддитивные технологии. Роботизация и искусственный интеллект»**, посвященный перспективам внедрения аддитивных технологий в российской промышленности. В нем приняли участие представители Минпромторга РФ и ведущих компаний в сфере аддитивных технологий.

К данному мероприятию клуб аддитивных технологий (КАТ), в который входят представители компаний: 3DLAM, ООО «НПО 3Д-Интеграция», F2 Innovations, IMPRINTA, «РЭК», «ЦАТ», составил развернутый отчет маркетингового исследования рынка технологий аддитивного производства Российской Федерации. Ниже представлены основные показатели исследования.

Объем и динамика рынка

Общий объем рынка в 2023 году составил 15,5 млрд руб. и превысил более чем в два раза объем 2021 года. Крупнейший сегмент рынка составляют 3D-принтеры (6 853,9 млн рублей). Другие значимые сегменты: материалы (3 426,6 млн рублей, рост — 45,8%) и услуги аддитивных центров (2 797,3 млн рублей, рост — 35%).

Ключевые факторы роста рынка в 2021–2023 гг.:

1. Увеличился спрос на продукцию 3D-печати (реверс-инжиниринг), поскольку отечественные производители потеряли доступ к официальному сервисному обслуживанию зарубежного оборудования.
2. Аддитивные технологии (АТ) становятся все более ценным инструментом для поддержания гибкости производств в различных отраслях.
3. Увеличение оборонного производства, для которого аддитивные технологии способны играть важную роль, позволяя оперативно производить на заводах или в полях сложные и уникальные изделия.
4. Курс на импортозамещение и технологический суверенитет способствовали активизации научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности.
5. Относительно сильный рубль, благоприятная денежно-кредитная политика ЦБ РФ, программы субсидирования промышленных предприятий и научно-образовательной сферы способствовали доступности аддитивного оборудования для потребителей и стимулировали спрос на принтеры и материалы.

6. Распространение практик и рост зрелости в использовании АТ в таких отраслях, как медицина и стоматология, литейное производство, авиационное двигателестроение и общее машиностроение.

Внутреннее производство и зарубежные поставки

Благоприятные для отечественных производителей условия на фоне санкций и ухода западных поставщиков способствовали значительному росту доли внутреннего производства на российском рынке. Так, если в 2021 году доля отечественных производителей оборудования и материалов составляла 54%, то в 2023 году доля достигла 70%.

В период 2022–2023 гг. укреплению позиций российских производителей способствовали следующие ключевые факторы:

1. Санкции и уход ведущих западных производителей.
2. Высокие требования и стандарты в ряде ведущих отраслей потребления аддитивных технологий стали барьером для проникновения в ответственные области новых зарубежных поставщиков из Китая.
3. Государственная политика, направленная на стимулирование технологического суверенитета и поддержку отечественных производителей.
4. Рост конкурентоспособности частных отечественных компаний и их продукции в сфере АТ. Ведущие российские производители смогли предложить рынку новые модели оборудования, показать кратные темпы роста и довести производство до серии.
5. Постепенное снижение предвзятости потребителей к отечественному оборудованию и повышение уровня гражданской ответственности среди руководителей предприятий, осознанно выбирающих поддержку отечественного производства и импортозамещение.
6. Перестройка цепочек поставок. Российские производители, столкнувшись с ограниченной доступностью компонентов, смогли быстро переключиться на альтернативных поставщиков, в основном из Китая. В настоящее время наблюдается тенденция к локализации производства оборудования АТ в России, степень которой среди отечественных производителей варьируется от 10–20% до 70–80%.

Зарубежные поставки сократились в 2022 году на 18% в сравнении с 2021 годом. Однако после восста-

новления логистических цепочек и замены западных поставщиков на альтернативных импорт в 2023 году вырос на 72,7%, что оказалось выше темпов роста отечественных производителей в 2023 году (+64,7%).

Структура рынка

3D-принтеры в 2023 году являются крупнейшим сегментом с 44% рыночного объема.

В 2023 г. структура рынка в разрезе семейств технологий характеризуется следующим образом:

- Семейство технологий синтеза на подложке включает технологии L-PBF, E-PBF и SLS и занимает долю около 35%. В семействе представлены 29 производителей из России и зарубежных стран.

- Семейство технологий экструзии материала занимает около 25% рынка принтеров и представлено не менее чем 73 производителями. Сегмент представлен множеством китайских и российских брендов и включает оборудование различного класса: от MEX/FFF-принтеров для хобби и прототипирования до профессиональных и промышленных моделей.

- Семейство технологий прямого подвода энергии и материала занимает почти 20% рынка и представлено всего несколькими российскими производителями, изготавливающими штучные и дорогостоящие установки. Рост увеличился с 428,2 млн руб. в 2021 году до 1 280,2 млн руб. в 2023 году.

- Семейство струйного нанесения связующего занимает 12% рынка принтеров и представлено двумя отечественными и одним китайским производителями в технологии VJ, а также одним российским производителем в технологии MBJ. Сегмент показал значительный рост в 2023 г., достигнув объема 842 млн руб.

- Семейство фотополимеризации в ванне, представленное технологиями DLP, SLA и LCD, занимает 6% рынка и в значительной степени представлено многочисленными китайскими поставщиками. В него входит оборудование различного класса: от принтеров по цене менее от \$200 для хобби и прототипирования до профессиональных и промышленных моделей.

Прочие технологии, такие как MJ, технология строительной печати 3DCP и 3D-биопечать занимают еще 3% рынка 3D-принтеров.

В 2023 году потребление всех типов материалов на российском рынке составило 3,43 млрд руб., что на 45,8% выше, чем 2,34 млрд руб. в 2022 году. Крупнейшим сегментом на рынке материалов остаются металлопорошки, занимая около 53% рынка материалов и 1,82 млрд руб. в денежном выражении. Лидером темпов роста в 2023 году на рынке материалов для 3D-печати стала группа термопластов, включая филаменты, гранулы, порошки, достигнув объема 1 млрд руб.

Объем доходов **рынка услуг** в 2023 году оценивается в 2,8 млрд руб. После значительного роста в 53,4% в 2022 году темпы роста рынка услуг в 2023 году составили 34,9% и оказались ниже других ключевых сегментов.

Снижение темпов роста рынка услуг в 2023 году можно связать со стремлением предприятий-потребителей к оснащению собственных аддитивных производств, а также с достижением ведущими аддитивными центрами предела загрузки производственных и кадровых ресурсов, в частности, при реализации сложных проектов печати металлами и в НИОКР.

Рынок 3D-сканеров оценивается в 995 млн руб. Сегмент показал значительный рост в 91% в 2023 году, который во многом был обеспечен китайскими поставщиками. Российские производители в 2023 году продемонстрировали 19% рост производства.

Услуги поставки и интеграции, оцениваемые как добавленная стоимость к поставляемому импортному оборудованию и частично российским принтерам и материалам. Услуги оказываются торговодистрибьюторскими и инжиниринговыми компаниями, обеспечивающими поставку, пусконаладку, обучение и интеграцию в существующие процессы заказчиков. Объем услуг поставки и интеграции, согласно расчету, составляет около 1,4 млрд руб.

Факторы, влияющие на развитие рынка

Факторы, оказывающие влияние на развитие российского рынка на период 2024–2026 гг.:

- Дефицит компетентных кадров и низкая квалификация конструкторов.
- Конкуренция с импортом, включая китайские поставки и перспективы возвращения западных конкурентов. Барьеры для импорта и протекция государства.
- Недостаточные темпы принятия стандартов.
- Сложности с обслуживанием западных принтеров, их замещение.
- Спрос со стороны ОПК и фактор СВО.
- Экономическая ситуация в ключевых отраслях.
- Спрос на реверс-инжиниринг.
- Государственное стимулирование сбыта на внутреннем рынке.

Сценарии развития рынка

Прогноз роста объема рынка аддитивных технологий в России в период с 2024 по 2027 годы, включая целевой, компромиссный и негативный сценарии, следующий.

- Целевой сценарий предполагает устойчивый среднегодовой темп роста рынка 31,5% CAGR до 46,2 млрд руб. к 2027 г.

- Компромиссный сценарий показывает более умеренный среднегодовой темп роста 21,6%, достигая 34,7 млрд руб. к 2027 г.

- Негативный сценарий предполагает наиболее сдержанный рост 12,4% в среднем в год с объемом рынка в 26,6 млрд руб. к 2027 г. ■

С полным текстом исследования можно ознакомиться после регистрации на сайте Клуба аддитивных технологий <https://k-at.ru>



Зинаида Сацкая

Сегодня гость журнала «Аддитивные технологии» — Артем Соломников, генеральный директор компании «Импринта». Он любезно согласился ответить на вопросы редакции

Компания «Импринта» — не новичок на российском рынке 3D-принтеров. Есть ли у компании другие направления деятельности?

В 2014 году мы стартовали с разработки и производства 3D-принтеров. По мере углубления в производственный процесс и общения с заказчиками мы сочли логичным заняться проработкой собственных материалов. При этом мы преследовали две цели — забота о клиенте, который в результате получит более высокое качество печати, и диверсификация нашего бизнеса, что делает его более устойчивым. Так партнерстве с производителем расходных материалов компанией REC у нас появился бренд Clotho Filaments (рис. 1). Мы начали с того, что сделали первый стеклонаполненный ABS-пластик, который на 15–30% прочнее классического ABS. Далее продуктовая линейка стала расти, и в ней появился стеклонаполненный полиамид 12 с минимальной усадкой. Появились и гибкие материалы, такие как Clotho TPU D70, Clotho TPU A95. Работа продолжается, и мы наполняем этот бренд различными инженерными материалами. Сейчас мы работаем над высокотемпературными полимерами, преимущественно композитными.

Есть у нас еще одно направление деятельности. Это услуги. Мы печатаем детали по проектам заказчиков. На это работает парк из 70 собственных 3D-принтеров различных моделей и оборудования для сканирования.

Рис. 1. Линейка материалов Clotho ABS GF13



У нас есть оборудование для фотополимерной печати с небольшими размерами рабочего поля, которое мы также используем, в том числе и для собственных нужд, потому что в конструкции 3D-принтеров, которые мы производим, тоже есть напечатанные детали.

В наш парк оборудования, который работает по технологии экструзии полимерного материала, входят и Hercules с разными размерами рабочего поля, модели G2, G3, G4, G4 Duo (рис. 2, 3), и принтеры специального назначения «Муромец». Основной у нас всегда была линейка принтеров Hercules, с 2020 года на первый план вышли принтеры Hercules G Series, которые отличаются размерами рабочего поля, а также другими функциональными характеристиками, такими, например, как на-

Рис. 2. 3D-принтеры G4 и G4Duo



Экструдер TwinHot 2



Рис. 3. Интерфейс G4 Duo



личие термокамеры. Эти принтеры заточены под работу с инженерными материалами, с различными типами полимеров, в том числе гибких и высокотемпературных. Эти принтеры достаточно производительны, обладают удобным интерфейсом управления, возможностью дать задание на печать удаленно. Для этого можно зайти в нашу систему DiaprintCloud (рис. 4), добавить свою 3D-модель, произвести слайсинг, удаленно отправить ее на печать и наблюдать за процессом печати через встроенную камеру.

И наконец, четвертое направление нашей работы. Мы трепетно относимся к нашей образовательно-просветительской работе, которую в 2018 году начали с нашего ютуб-канала «Аддитивная кухня». В 2023 и 2024 гг. мы выступили индустриальным партнером организации чемпионата по аддитивным технологиям «3D Профи», который был организован департаментом предпринимательства инновационного развития города Москвы.

Не скромничайте. Позволю себе заметить, что вы выступили партнером наряду с такими структурами, как ЦАТ «Ростех», Минпромторг РФ, Ассоциация развития аддитивных технологий, НПО «3Д Интеграция».

Спасибо за напоминание. К тому же мы резидент «Сколково», участник Московского инновационного кластера и весной выступили сооснователем единствен-

Рис. 5. Вилка для проводов внешнего запуска двигателя «КАМАЗ» (Clotho ABS GF13)

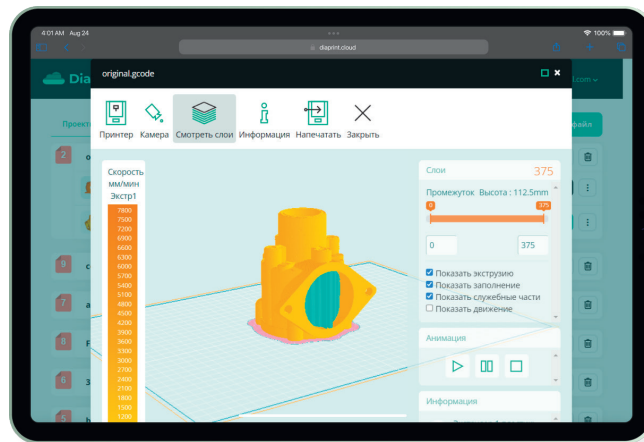
Рис. 6. Разъем подключения внешнего запуска ПС-315 для «КАМАЗ» (Clotho ABS GF13)

Рис. 7. Изготовление прокладки клапанной крышки «КАМАЗ» 740.1003270-11 (TPU A70)

Рис. 8. Прокладка крышки маслозаливной горловины АМ «КАМАЗ» (TPU A70)



Рис. 4. Система Diaprint Cloud



ного на данный момент в России Клуба аддитивных технологий. Вся эта работа стала интенсифицироваться в связи с тем, что мы фокусируемся не только на оборудовании, услугах, материалах и образовательных проектах, но и на выработке наиболее эффективных решений для наших клиентов, для чего надо обладать большим комплексом компетенций. Мы считаем важным вести работу по интеграции аддитивных технологий с другими технологиями на предприятиях заказчика для достижения наибольшей эффективности их производств.

Расскажите, пожалуйста, подробнее, что представляют собой заказы.

Мы работаем преимущественно со сложными заказами (рис. 5–8), которые требуют индивидуального подхода к клиенту. Для качественного выполнения заказов надо хорошо разбираться в подборе материала, иногда приходится выполнять какие-то работы, связанные с проектированием, что заказчику тоже стоит денег. Как правило, это мелкосерийные заказы, но бывают и большие серии, на которых как раз и проявляется преимущество наличия большого количества собственного оборудования.

А почему бы заказчику не купить свой 3D-принтер?

По целому ряду причин предприятия не хотят вовлекаться и углубляться в процесс аддитивного произ-

водства и предпочитают аутсорсинг, видя в нем более эффективный путь решения своих задач, тем более если у них налажилось хорошее взаимодействие с сильной компанией, занимающейся аддитивным производством. Это выйдет заказчику дешевле. К тому же аутсорсинг более предпочтителен, когда речь идет о разовом обращении к аддитивным технологиям. Но, разумеется, каким-то компаниям, для которых использование аддитивных технологий принимает системный характер, выгоднее приобрести собственный парк оборудования, обучить людей, выстроить технологический процесс и действовать самостоятельно.

Вы уже упомянули ютуб-канал «Аддитивная кухня». Приносит ли обратная связь от ваших сюжетов новые идеи?

Прежде хочу уточнить: «Аддитивная кухня» — это наш медиабренд, доступный также на Rutube, VK, «Яндекс Дзен», телеграм-канале «Артем Соломников». Мы развиваем этот бренд для продвижения наших продуктов, а также для создания контента, который может быть интересен аддитивному сообществу в целом и содействовать развитию аддитивной отрасли. Чтобы создавать такой контент, надо быть аддитивно любознательным, и мы одна из немногих компаний, а может, и единственная, кто в 2021 году проработал тему с металлической и полимерной FDM-печатью. Полностью проработав весь технологический процесс по инструкции, предоставленной производителем расходного материала BASF, мы не смогли достичь нужного результата с первого раза, поэтому у нас было два подхода к этому эксперименту. И на эту тему мы выпустили ролик, который до сих пор является единственным полноценным материалом, показывающим, как можно на классическом FDM-принтере печатать металлом. Я всех приглашаю посмотреть это видео, оно доступно на нашей «Аддитивной кухне». Такого рода контент открывает новые возможности аддитивных технологий и приводит к нам новых клиентов как на приобретение нашей продукции, так на заказ НИОКР.

Рис. 9. Металлические детали полученные по FDM-технологии после удаления связующего и обжига

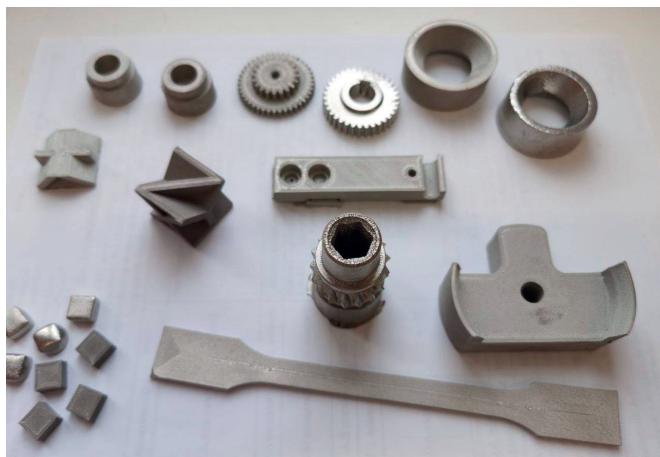
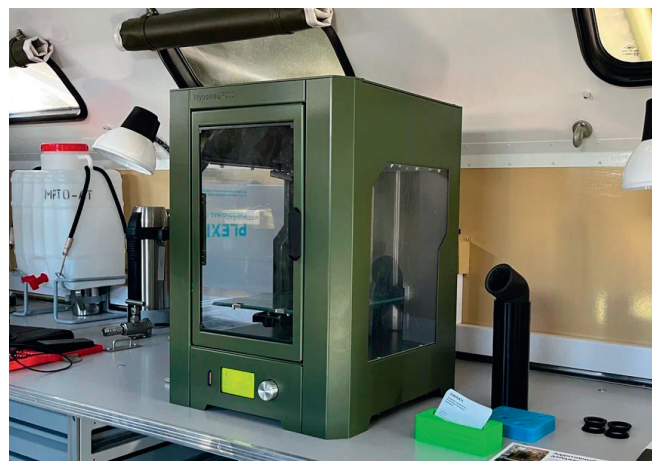


Рис. 10. 3D-принтер «Муромец» в составе мобильной ремонтной мастерской



Такой контент и развивает наши компетенции, и дает новые возможности рынку.

Вы говорили, что принтеры «Муромец» — это продукция специального назначения. Расскажите, пожалуйста, в чем суть.

В 2021 году наша любознательность, активная маркетинговая политика и частично стечение обстоятельств привлекли к нам внимание 21 научно-исследовательского испытательного института военной автомобильной техники (21 НИИИ ВАТ) Минобороны РФ. Их заинтересовала возможность использования аддитивных технологий для оперативного ремонта автомобильной техники. И первостепенная задача, которую хотел решить институт, — это включить в состав мобильных ремонтных мастерских с традиционным инструментом и оборудованием для 3D-печати. Совместно с 21 НИИИ ВАТ мы стали продвигать эту идею, участвуя в различных конференциях. Так совпало, что в марте 2022 года у нас совместно с институтом была запланирована конференция по аддитивным технологиям, на которой было принято решение об апробации использования напечатанных деталей в ремонте военной техники непосредственно в зоне военных действий. По результатам успешной апробации опытный образец нашего 3D-принтера «Муромец» (рис. 10) был включен в состав мобильных ремонтных мастерских. Мы видим синонимичность названий Hercules и «Муромец». «Геркулесом» у нас стал большой стальной 3D-принтер с суровым характером, но для Минобороны имя «Муромец» показалось нам более подходящим. Добавлю, что не только 3D-принтер является частью нашего аддитивного комплекса, но и база номенклатуры уже оцифрованных запчастей, которые можно печатать, набор материалов для печати с перечнем условий использования напечатанных деталей, таких как термостойкость, гибкость, маслбензостойкость. Главное, чтобы это был не просто 3D-принтер, а чтобы это было готовое решение, которое позволит исключить

Рис. 11. Крышка
маслозаливной горловины
«КАМАЗ» (ABS PA),
прокладка (TPU D70)



Рис. 12. Защитный чехол
автомобиля «Уаз-469»
(TPU A70)



Рис. 13. Кольца
уплотнительные для
конической передачи
танка Т-72 (TPU D55)



Рис. 14. Прокладки бортовой
коробки передач танка Т-72
(TPU D70)



проблемы логистики, длительного ожидания запчастей, а возможно, и их отсутствия в случае, если эксплуатируемая техника уже снята с производства. Возможно также использование 3D-принтера и для целей модернизации, что уже показала практика.

Вы могли бы сказать, какие изделия на «Муромце» можно печатать?

Преимущественно это эластичные детали — прокладки, манжеты, сальники, уплотнения (рис. 11–14). Это те изделия, которые изготавливаются из эластомера термополиуретана. Он обладает необходимой твердостью по Шору, маслостойкий, термостойкий, что существенно для тех мест конструкций, где температура кратковременно может быть до 120°C. Хочу подчеркнуть, что изначально вся эта концепция не была направлена на замещение оригинальных запчастей, так что сервисные контракты производителей запчастей не пострадают. Речь только об оперативном ремонте в полевых условиях. Вообще должен сказать, что возможности нашего оборудования превзошли даже наши ожидания. То, что мы делали для автомобильной техники, может быть использовано и для бронетанковой техники, и для беспилотников.

Как Вы оцениваете перспективы дальнейшего внедрения аддитивных технологий в ремонт?

Я бы разделил применение нашего оборудования для военной техники и различного производственного оборудования. Их проблемы и точки роста могут быть как одинаковыми, так и неодинаковыми. Для полноценного использования напечатанных деталей в военной технике необходимо пройти гораздо больше различных испытаний, в первую очередь на ресурс. К слову сказать, из этих трех с половиной лет взаимодействия с 21 НИИИ ВАТ около полутора лет в общей сложности у нас ушло на апробацию и опытную эксплуатацию, в ходе которой в 98% случаев мы смогли подтвердить соответствие изготовленной детали требуемому ресурсу. Работа по выявлению возможных проблем продолжается и по сей день, и здесь мы подходим к той точке, в которой возможности 3D-печати сталкиваются с ограничениями. Это материалы, которых пока не хватает для по-

крытия всех возможных ниш применения аддитивных технологий для различной техники и оборудования. Если мы возьмем какой-то узел с десятью различными уплотнениями из полимерных деталей, которые можно изготовить методом полимерной FDM-печати, мы не сможем подобрать материал для всех десяти деталей. Это происходит потому, что у нас отсутствуют материалы, которые обладают еще более высокой термостойкостью, но при этом необходимой эластичностью. Важна и морозостойкость до минус 70°C, хотя требования ограничиваются порогом в минус 50°C. Но если мы говорим о перспективах развития ремонта в самых разных регионах страны, включая Заполярье, где логистика еще более сложна и требования к материалам еще более строги, то здесь и возникает тот вопрос, над которым мы работаем, как и другие наши коллеги, которые развивают тему новых направлений использования аддитивных технологий.

Компания проделала много уже работы для продвижения технологии в этой отрасли. Какие потенциальные проблемы Вы видите на пути дальнейшего использования печати в ремонте?

Отсутствие полноценной нормативной базы для беспрепятственного использования деталей, изготовленных аддитивным способом, в различной технике. Сегодня, чтобы конечный потребитель мог использовать печатные изделия, он должен или пройти круг ада, или как-то локально проработать вопрос и так или иначе взять на себя ответственность. Но это усложняет, удлинит и удорожает путь внедрения аддитивных технологий для конечного потребителя, и пока эта задача решается не с той скоростью, которой хотелось бы и которой требовала бы ситуация в принципе. Вот почему мы объединились с коллегами в решении основать Клуб аддитивных технологий, который уже занимается вопросами развития нормативной базы для возможного беспрепятственного, «бесшовного» внедрения аддитивных технологий как законных во всех технологических процессах и в том числе в ремонте. ■

www.imprinta.ru
+7 (800) 222-90-20

AM.TECH — жемчужина российского рынка L-PBF-печати

Секрет в том, что преимущество всегда получает тот, кто видит то будущее, которое он хочет создать, и начинает целенаправленное движение к нему, попутно приобретая уникальные компетенции, опыт и конкурентное преимущество, которые затем можно будет купить только очень дорого.

Андрей Шапенко, книга «Фактор успеха. Маленькие шаги к большому результату»

Коротко о российском L-PBF-рынке

Согласно исследованию, проведённому Клубом аддитивных технологий (КАТ, <https://k-at.ru>), продажи 3D-принтеров в России в 2023 году заметно оживились, их рост увеличился на 76%, составив 6,85 млрд рублей. Очевидно, что российская экономика, поставленная перед вызовом санкционных ограничений, перестраивалась весь 2022 год, замещая оборудование ЕС и США

на отечественное и китайское. Крупнейшую долю, около 35%, в 2023 году на российском рынке 3D-принтеров заняло семейство технологий синтеза на подложке, включающее L-PBF, E-PBF и SLS. Это семейство показало наибольший рост, увеличившись с 1 223,4 млн руб. в 2021 году до 2 438,4 млн руб. в 2023 году (рис. 1).

Рынок аддитивных технологий (АТ) в России можно классифицировать по стоимости оборудования и массовости его применения (рис. 2).

Технология L-PBF по праву сконцентрирована в самом центре диаграммы, что подчёркивает её принадлежность преимущественно к профессиональному, научному и промышленному сегменту.

Оценка структуры рынка в разрезе машин от российских производителей и импортных принтеров в денежном выражении представлена на рис. 3.

Примечательно, что российские производители, занимая более крупную долю рынка в денежном выражении, поставляют на рынок значительно меньшее число машин. Это может говорить о более высокой цене в расчёте на уста-

новку. А также — о специализации преимущественно на промышленном и профессиональном сегментах рынка, где они часто предлагают предприятиям уникальные решения (не из существующего модельного ряда) под их задачи.

На российском рынке 3D-принтеров в 2023 году продавалось оборудование от не менее 130 производителей. Наиболее концентрированными в сегменте технологий печати стали методы L-DED (P), E-PBF и L-PBF.

Рис. 1. Динамика рынка 3D-принтеров и его структура по семействам технологий 3D-печати, млн руб. Источник: КАТ, 2024



Рис. 2. Классификация технологий по цене, массовости и областям применения на российском рынке в 2023 г. Источник: КАТ, 2024

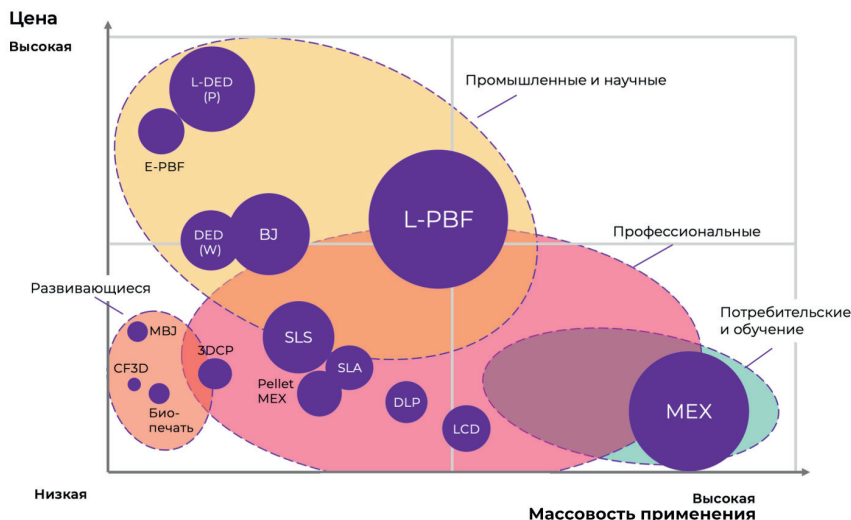
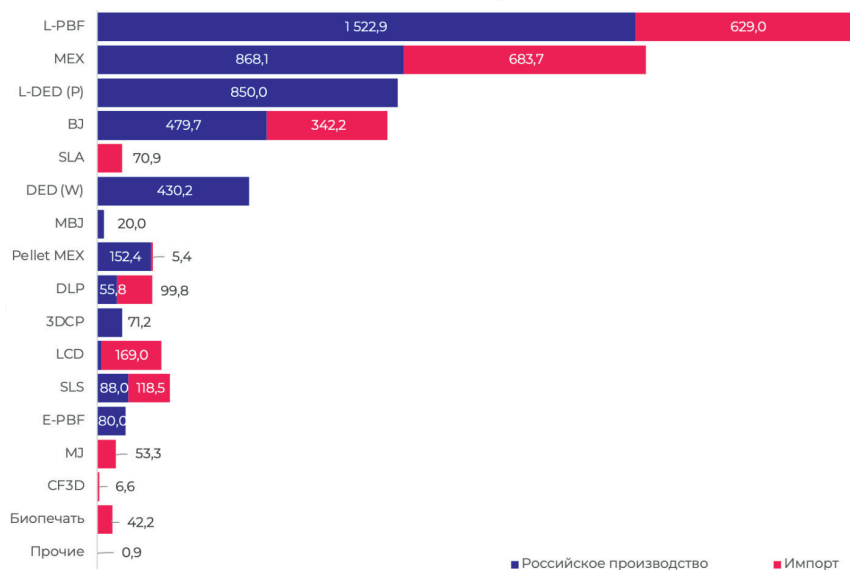


Рис. 3. Объемы внутреннего производства и зарубежных поставок в разрезе технологий аддитивного производства в 2023 г., млн руб. Источник: КАТ, 2024



Например, технология L-PBF сегодня представлена более чем 20 производителями с высоким уровнем концентрации Херфиндала — Хиршмана (ННН), соответствующим 51,8%. Это говорит о доминировании нескольких компаний на рынке из-за высоких барьеров для входа и значительных инвестиций в оборудование и разработку для таких технологий.

Предпосылки появления AM.TECH

Компания «НПО «ЗД-Интеграция» хоть и достаточно молодая, но сумевшая очень быстро завоевать известность в качестве комплексного поставщика и интегратора разнообразных инновационных решений для самых требовательных индустрий и предприятий России. С февраля 2023 года она активно занимается разработкой линейки L-PBF-оборудования под брендом AM.TECH: AMT-16, AMT-32 и AMT-64. Сегодня «первенец» компании — малогабаритный однолазерный аддитивный комплекс AMT-16 стал поставляться на высокотехнологичные предприятия, выпускающие наукоёмкую продукцию. В предельно сжатые сроки был разработан полный комплект конструкторской, технологической документации на аддитивные комплексы AMT и документация на используемое в них программное обеспечение, подобраны и протестированы высококачественные



компоненты, отработана технология на различных материалах. Это стало возможным благодаря профессионализму уникального коллектива, который по крупицам начал собирать в 2023 году генеральный директор Михаил Родин для исполнения выигранного контракта под задачи Минпромторга РФ в рамках постановления правительства РФ № 1649. Сегодня специалисты компании сформировали устойчивое ядро, которое органично притягивает в свою сферу российские дарования из самых разных областей знаний.

Важен каждый компонент

Даже путь в тысячу ли начинается с первого шага.

Лао-цзы, книга «Дао дэ цзин»

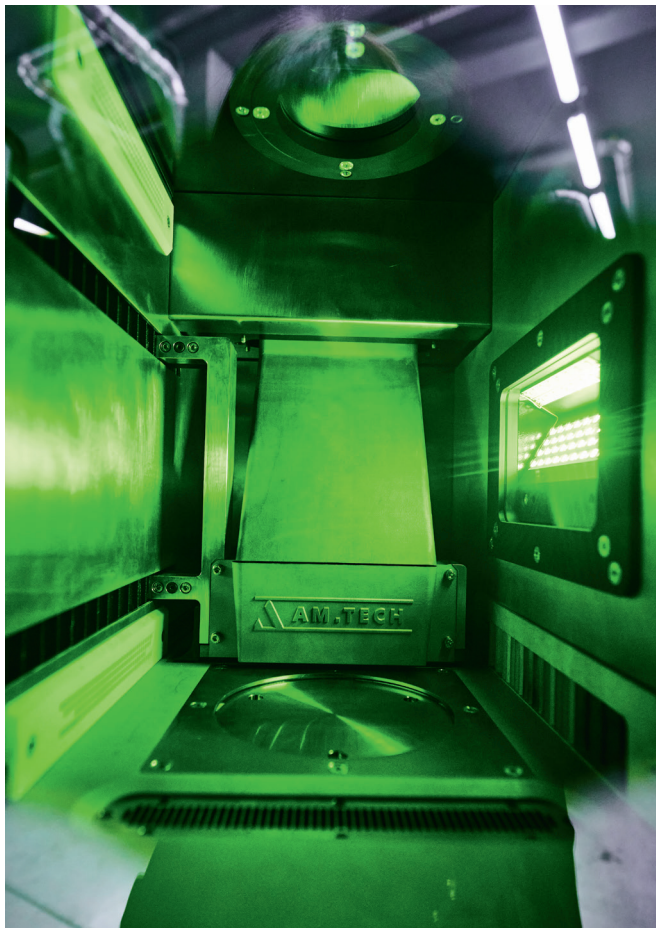
Китайский мудрец Лао-цзы очень хорошо понимал, что любое большое дело должно начинаться с малого. А применительно к ультрасовременной российской разработке от AM.TECH можно указать на важность каждого проделанного шага, начиная от разработки или закупки комплектующих, создания ПО и заканчивая долгими и скрупулёзными испытаниями и отладкой режимов.

Должное внимание в AM.TECH уделяется российским комплектующим как жизненно важному проявлению российской действительности на мировой арене. Например, контроллеры и датчики давления используются от известной компании «ОВЕН», «железо» производится на ряде предприятий Москвы, центральных регионов страны и Урала, тестируются российские защитные стёкла для камеры, оптические защитные стёкла для лазерной резки, которые подходят и для технологии L-PBF.

Рис. 4. Аддитивный комплекс AMT-16



Рис. 5. Рабочая камера АМТ-16



Одно из ключевых ноу-хау линейки АМТ относится прежде всего к лазерно-оптической системе, где все оптические расстояния, источники лазерного излучения и оптика — одинаковые для комплексов АМТ-16, АМТ-32 и АМТ-64. Ввиду того, что компоненты точной оптомеханики в России не делают, в компании используют комплектующие сторонних производителей, такие как моторы, кронштейны, механику, и уже для их «железа» сами пишут софт, создают методику калибровки лазерной системы. Если есть у заказчика проблемы, связанные с лазерной оптической системой, специалисты АМ.ТЕСН и здесь способны собственными силами быстро решить задачу в этой области.

При разработке продукции в компании опираются на богатейший профессиональный опыт тех её сотрудников, которые раньше были связаны с разработкой программного обеспечения, созданием и обслуживанием французского и немецкого премиального оборудования. Другими словами, команда разработчиков впитала, как губка, лучшие решения и практики мировых разработок, сегодня, к сожалению, ставших санкционными и недоступными для российского потребителя. Вот таким подходом к проектированию всей продуктовой линейки с опорой на собственные знания и навыки работы на установках от ведущих мировых производителей компания отличается от многих производителей в России.

Для крупных отечественных компаний важно, чтобы установки одной модели обеспечивали безусловную повторяемость. Пока в России нет подтверждённых возможностей в этом плане, но «НПО «ЗД-Интеграция» может предложить стабильное качество оборудования. Например, на установках АМТ используют российские лазеры (НТО «ИРЭ-Полус»). Здесь стараются использовать отечественные комплектующие, но некоторые компоненты приходится закупать за рубежом из-за отсутствия их производства в России. Компания планирует увеличить долю отечественных деталей в своих установках в будущем.

Уникальные решения

АМТ-16 может похвастаться **механизмом подачи порошка сверху** через шлюзовую систему, который позволяет избежать прерывания процесса печати из-за нехватки порошка. Датчики оповещают оператора о необходимости добавить порошок в бак, сохраняя стабильность процесса печати и качество изделия. Этот механизм отличает комплексы АМТ от других 3D-принтеров на российском рынке, обеспечивая непрерывную работу и уникальные возможности при печати сложных деталей.

Эта серия установок имеет усиленный **контур безопасности**. Разработчики учитывают различные уровни квалификации персонала и то, что работать предстоит с реактивными материалами, поэтому о безопасности позаботились в первую очередь. Электрический шкаф соответствует всем стандартам безопасности и имеет сертификат Ростеста. При разработке используются промышленные контроллеры, чтобы избежать сбоев

Рис. 6. Деталь, выращенная на АМТ-16



операционных систем типа Windows или Linux. Такая схема обеспечивает надёжную работу контура безопасности даже при возможных сбоях, что особенно важно в высокотехнологичных отраслях промышленности. В случае ошибки или прерывания операции контур безопасности надёжно отключит установку, предотвращая травмы у работников.

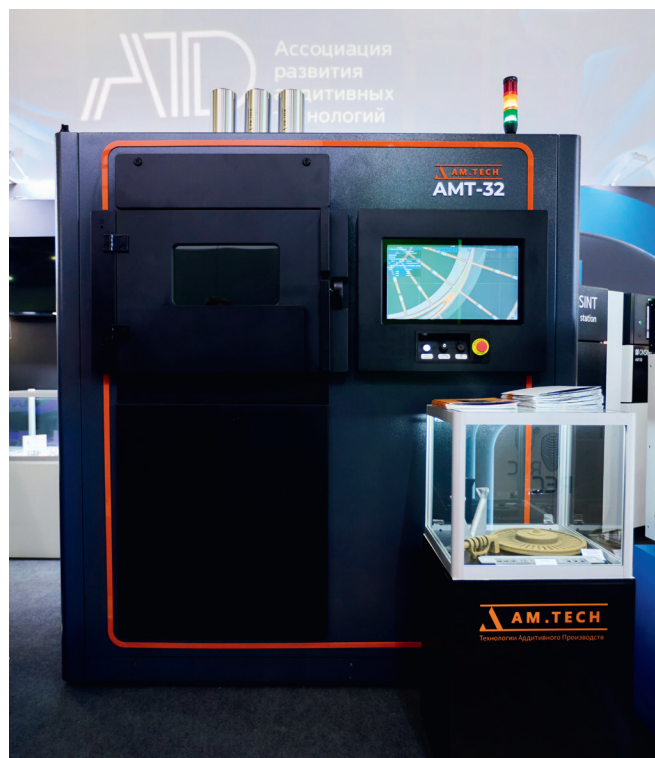
Герметичность рабочей камеры и газовой системы также не даёт покоя конкурентам, даже из-за рубежа. При сплавлении АМТ расходует менее одного литра аргона в минуту, что подтверждается датчиком расхода защитного газа. Этот результат значительно лучше мирового стандарта. Это достигнуто благодаря специальной обработке стыков камеры, что экономит время и средства заказчика на замену баллонов с инертным газом.

Мощный лазер на 500 Вт в компактной машине АМТ-16 поставляется в базовой версии и позволяет работать со всеми доступными металлопорошковыми материалами. Лазер и оптика — водоохлаждаемые, что помогает избежать проблем с дрейфом характеристик оптической системы благодаря поддерживаемой температуре и обеспечить стабильность работы установки. Отрабатывая свои стандартные решения на одном лазере, разработчики стремятся сделать свои комплексы многолазерными. Это позволит печатать крупные детали несколькими источниками благодаря разработанному алгоритму синхронизации, увеличивая производительность без ущерба для качества. Нелишним будет упомянуть опрос 2021 года среди поставщиков и покупателей L-PBF-оборудования от уважаемого эксперта рынка ЕС в АТ — аналитического агентства Amrower, в котором прогнозная динамика пяти лет указывает на растущий интерес к принтерам с 3–4 лазерами и угасающий — к 1–2. Также падает интерес к системам с более чем 4 лазерами. По всей видимости, именно 3–4 лазера в скором времени будет являться золотой серединой в L-PBF, где производительность, стоимость и затраты на эксплуатацию уравновешены.

Рис. 7. Лаконичный и дружелюбный интерфейс PrintMate



Рис. 8. Аддитивный комплекс АМТ-32



Габариты камеры построения — ещё одно преимущество новой машины. Сразу ориентируясь на машиностроительный сектор, для которого «размер имеет значение», разработчики не стали размениваться по пустякам и сразу стали оснащать АМТ-16 самой большой камерой в классе, составляющей $\varnothing 165 \times 250$ мм.

Особая гордость компании — **собственное программное обеспечение**, разработанное с учётом опыта работы с лучшим оборудованием от ведущих мировых производителей. В компании усвоили ценные уроки от мировых лидеров в сфере автоматизации производства, но понимают, что их разработки имеют и недостатки. Ведь первопроходцы часто расплачиваются за лидерство тем, что впоследствии вынужденно используют старые «движки» в своём программном обеспечении от поколения к поколению. Из-за высоких затрат переделывать это часто нецелесообразно. Линейка продукции АМТ, напротив, создана на современных «движках», что даёт при эксплуатации машины больше возможностей. Например, оператор может получить объёмное изображение после нарезки и изучить детали с разных углов, в то время как у лидеров этого нет. Для машины АМТ-16 реализован контроль качества нанесения слоя с помощью интеллектуальной системы распознавания дефектов.

В штате компании есть специалисты, многие годы занимавшиеся системами контроля и КИПиА (контрольно-измерительные приборы и автоматика), в их числе и кандидаты физико-математических наук, которые пишут программное обеспечение для постпроцессинга. На программный комплекс PrintMate полу-

чено свидетельство об ЭВМ-программе в Роспатенте, а к концу 2024 года планируется получить свидетельство от Минцифры РФ.

Современное высокотехнологичное оборудование, такое как обрабатывающий комплекс с ЧПУ или 3D-принтер, имеет важный элемент — интерфейс. В установках серии АМТ интерфейс максимально удобен для оператора, не перегружен лишней информацией, показывает только ключевые параметры. В базовой комплектации обеспечен контроль качества нанесения слоя, оператор может отслеживать процесс и вмешаться при необходимости. Программно-аппаратный комплекс включает функции цифрового мониторинга и управления производством, с диалоговым окном для подтверждения операций. ПО содержит информацию о режимах работы и материалах.

Ударим оптимизмом в заключение

В нашей парадигме любой пользователь оборудования достоин того, чтобы иметь возможность осваивать новый для себя технологический метод L-PBF на максимально доступной машине с самыми низкими показателями владения, оперируя лишь небольшим оборотом порошкового материала (например, 8 литров для получения изделий на всю высоту рабочей области АМТ-16). При необходимости масштабирования производства заказчик может приобрести старшие модели АМТ-32 или АМТ-64 и сразу же начать полноценную работу с ранее отработанными параметрами и функциями, обеспечивающими одинаковое качество печати в любом регионе мира. Тем самым такая «привязка» пользователя к решениям команды «НПО «ЗД-Интеграция» эффективно решает две задачи: предприятия осознанно выбирают этого поставщика благодаря ключевой особенности, отсутствующей у конкурентов, экономя свои силы и средства при неизбежном расширении производства. Ну а компания получает лояльного партнёра, который авансом вкладывается в своё и её развитие, и в итоге возникает пока ещё достаточно редкое для российского рынка явление: взаимовыгодное сотрудничество между разработчиком и потребите-

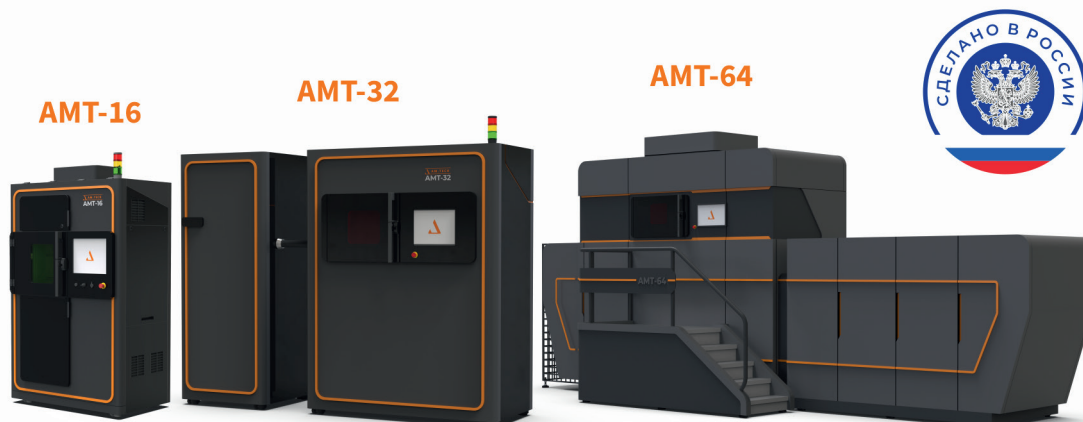
лем, производственный трофиобиоз. А тем временем конкуренты «НПО «ЗД-Интеграция» гордятся тем, что индивидуально настраивают режимы для каждого заказчика на каждой машине, даже при использовании одинаковых материалов.

Согласно российским нормативам, специалисты компании проводят периодические и приёмные испытания установок. В настоящее время завершают разработку технических условий на оборудование и методики испытаний, то есть действуют согласно логике и принятым стандартам крупных промышленных предприятий. В случае возникновения проблем на любом этапе производства они смогут легко выявить ошибку и оценить её влияние благодаря документации и фиксации отклонений. Это также выгодно отличает команду «НПО «ЗД-Интеграция» от других производителей, так как многие отечественные компании не уделяют должного внимания конструкторской документации и тестированию установок перед их отправкой заказчику.

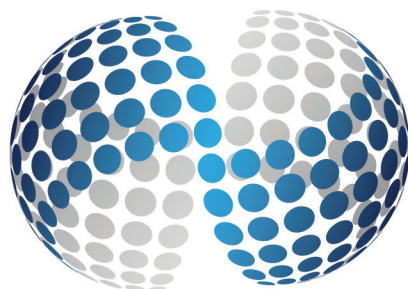
Представители многих промышленных компаний заинтересованы в приобретении отечественных принтеров АМ.ТЕСН, чтобы заменить устаревшее европейское оборудование. Предложения о контрактном производстве также рассматриваются, включая изготовление деталей аддитивным способом. Применение 3D-принтеров для создания инструментальной оснастки позволяет увеличить срок службы инструмента и снизить затраты на процесс обработки. Компании нефтегазового комплекса также проявляют интерес к сотрудничеству, учитывая большие потребности в различных механизмах и запчастях. Иностранные участники выставок также заинтересованы в российских разработках, особенно из стран Ближнего Востока, которые ищут альтернативу дорогому европейскому оборудованию и сталкиваются с проблемами в сотрудничестве с китайскими партнёрами. Возможные заказы на контрактное производство рассматриваются как первый шаг к партнёрству.

После всего сказанного АМ.ТЕСН — чем не жемчужина российского рынка аддитивного оборудования? ■

Am.tech
+7 (495) 109 11 91
office@am.tech



Специализированный проект и конференция
по аддитивным технологиям
в промышленности



Additive Minded

21-24 ЯНВ
2025
Москва, Россия

в рамках выставки:



Международная специализированная
выставка пластмасс и каучуков

RUPLASTICA

Место проведения:

 **ЭКСПОЦЕНТР**
МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНГРЕССЫ
МОСКВА

Организатор:


**ЭКСПО
ФЬЮЖН**

Будущее аддитивного производства в России: роль специалистов нового поколения



Иван Александрович Пащенко, генеральный директор ООО «ЗДЛАМ Индастриал»

Аддитивное производство, или 3D-печать, стремительно развивается, становясь важным элементом современной промышленности. В России, как и в мире, аддитивные технологии находят все большее применение в различных отраслях: от медицины до аэрокосмической промышленности. Компания ZDLAM как один из ведущих игроков на рынке аддитивного производства видит огромный потенциал в данной сфере. В данной статье мы рассмотрим будущее аддитивного производства в России, особое внимание уделяя роли специалистов нового поколения.

Текущая ситуация и перспективы

Рост рынка

Рынок аддитивного производства в России демонстрирует стабильный рост. Согласно отчету «Рынок технологий аддитивного производства РФ» за 2024 год, подготовленному Клубом аддитивных технологий, в последние годы наблюдается значительное увеличение числа компаний, использующих 3D-печать для производства деталей и конечных продуктов. Например, в 2023 году объем рынка аддитивного производства в России составил 12,5 млрд рублей, что на 28% больше по сравнению с 2022 годом.

Отраслевое применение

На сегодняшний день мы видим активное применение аддитивных технологий в таких отраслях, как:

1. Авиационная и космическая промышленность: компании, такие как ОАК и РКК «Энергия», активно внедряют 3D-печать для создания легких и прочных компонентов.
2. Автомобилестроение: крупные автопроизводители, включая КамАЗ и АвтоВАЗ, используют 3D-печать для прототипирования и производства конечных деталей.
3. Медицина: в российских медицинских учреждениях 3D-печать используется для создания протезов, имплантатов и моделей для хирургических операций.

Важность специалистов нового поколения

Роль образования

Для успешного развития аддитивного производства необходимо наличие квалифицированных специалистов. Специалисты нового поколения играют ключевую роль в адаптации и внедрении новых технологий. Образование в области аддитивного производства становится все более востребованным. В России уже существует несколько вузов, предлагающих специализированные программы. Например, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого предоставляет курсы и программы, связанные с аддитивными технологиями. В университете предлагаются курсы, охватывающие все аспекты аддитивных технологий, от разработки и проектирования до производства и контроля качества.

Московский политехнический университет и Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения также предлагают курсы по 3D-печати и инженерии аддитивного производства.

Согласно данным Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, к 2025 году спрос на специалистов в области 3D-печати увеличится на 35%. Это требует активного развития образовательных программ и повышения квалификации существующих специалистов.

Технические навыки и инновации

Новые поколения специалистов должны обладать глубокими техническими знаниями и навыками в области аддитивных технологий. Это включает в себя знание различных технологий 3D-печати, материалов, программного обеспечения для моделирования и управления процессами печати. Важным аспектом также является способность внедрять инновации и находить нестандартные решения для задач производства.

Примеры успешных проектов ZDLAM

ZDLAM — российский производитель установок селективного лазерного сплавления (SLM) — активно внедряет инновации и развивает новые технологии. На протяжении последних лет ZDLAM реализовала несколько успешных проектов, демонстрирующих потенциал аддитивных технологий.

Авиационная промышленность

Одним из ключевых направлений работы компании 3DLAM является сотрудничество с авиационной промышленностью. В рамках партнерства с ОАК (Объединенная авиастроительная корпорация) 3DLAM разработала и внедрила серию легких и прочных компонентов для авиационных двигателей и фюзеляжей. Использование аддитивных технологий позволило снизить вес компонентов на 20%, что, в свою очередь, улучшило топливную эффективность самолетов.

Автомобилестроение

В автомобильной промышленности компания 3DLAM также добилась значительных успехов. 3DLAM разрабатывает прототипы и серийные детали для новых моделей автомобилей. Внедрение 3D-печати позволяет сократить время прототипирования на 30%, а также снизить производственные затраты на 15%. Это улучшает конкурентоспособность продукции и ускоряет вывод новых моделей на рынок.

Медицина

В медицинской сфере 3DLAM реализует на постоянной основе различные проекты по созданию индивидуальных протезов и имплантатов. Например, только в одном из медицинских учреждений г. Екатеринбурга ежемесячно проводится более 10 операций с применением изделий, изготовленных по технологии SLM (селективное лазерное сплавление). Эта технология позволяет создавать высокоточные и прочные медицинские имплантаты, которые идеально подходят под индивидуальные особенности каждого пациента. Использование аддитивных технологий в медицине значительно улучшает качество жизни пациентов, сокращает время реабилитации и повышает общую эффективность медицинских процедур.

Распространенные заблуждения

Мифы о стоимости

Существует несколько распространенных заблуждений относительно аддитивного производства. Одно из них — мнение о том, что 3D-печать слишком дорога для массового производства. На самом деле с развитием технологий и увеличением объемов производства стоимость оборудования и материалов снижается. По данным отчета компании Context, за последние пять лет цены на 3D-принтеры снизились на 15–20%, а стоимость материалов — на 10–12%.

Ограничения технологий

Еще одно заблуждение связано с предполагаемыми ограничениями технологий 3D-печати. Некоторые считают, что 3D-печать подходит только для прототипирования и мелкосерийного производства. Однако современные технологии, в том числе и SLM, позволяют создавать серийные партии изделий с высокой скоростью и точностью. Например, производить топливные форсунки для двигателей.

Образование и подготовка кадров

Одной из ключевых стратегий для развития аддитивного производства в России является развитие образовательных программ. Увеличение числа вузов и колледжей, предлагающих курсы по аддитивным технологиям, позволит подготовить больше квалифицированных специалистов. Важно также внедрять программы повышения квалификации для существующих кадров, чтобы они могли адаптироваться к быстро меняющимся технологиям.

Инвестирование в исследования и разработки

Инвестирование в научные исследования и разработки (НИОКР) является еще одной важной стратегией. Государственная поддержка и частные инвестиции в НИОКР помогут создавать новые материалы, улучшать существующие технологии и разрабатывать новые методы производства. Например, в 2022 году Фонд содействия инновациям выделил гранты на сумму более 1 млрд рублей для разработки новых аддитивных технологий.

Государственная поддержка и сотрудничество

Государственная поддержка играет важную роль в развитии аддитивного производства. Введение программ государственной поддержки для предприятий, внедряющих аддитивные технологии, поможет ускорить их распространение. Например, налоговые льготы и субсидии могут стимулировать компании инвестировать в новое оборудование и обучение сотрудников.

Международное сотрудничество также является важным фактором. Установление партнерских отношений с зарубежными компаниями и научными учреждениями позволит обмениваться опытом и передовыми технологиями. Это поможет российским компаниям оставаться конкурентоспособными на мировом рынке и ускорить внедрение новейших разработок.

Заключение

Будущее аддитивного производства в России зависит от множества факторов, среди которых ключевую роль играют специалисты нового поколения. Образование, инновации и государственная поддержка — это основные направления, которые помогут нашей стране занять лидирующие позиции в этой быстроразвивающейся отрасли. 3DLAM продолжает инвестировать в обучение и развитие своих сотрудников, внедряя передовые технологии и создавая новые возможности для российского рынка аддитивного производства.

Российские предприятия и образовательные учреждения должны работать в тесном сотрудничестве, чтобы обеспечить подготовку высококвалифицированных кадров, готовых к работе с передовыми технологиями. Только совместными усилиями можно достичь значительных успехов в развитии аддитивного производства и занять достойное место на мировой арене. ■

Ремонт бойков радиально-ковочной машины методом прямого лазерного выращивания в условиях ООО «Гранком»

А.И. Демченко¹, А.А. Масимов¹, А.И. Андрейко¹, А.А. Мальцев²

¹ ООО «Гранком», г. Кулебаки, ул. Восстания, 1/14, 607018

² АО «Русполимет», г. Кулебаки, ул. Восстания, 1, 607018

Одной из основных быстроизнашиваемых частей радиально-ковочной машины является боек. В статье проведен анализ способов ремонта данного узла, показаны преимущества и недостатки стандартной технологии, обоснован выбор нового метода – прямого лазерного выращивания. Показано, что при применении порошка стали собственного производства «Инко-718» и установки ИЛИСТ-L стойкость комплекта бойков, отремонтированных по новой технологии, выросла на 32,5%.

Введение

В агрегатах для металлургических процессов одними из самых быстроизнашиваемых узлов являются те, которые контактируют с жидким или горячим металлом. При этом материалов, которые бы не выходили из строя или не портились при работе в таких условиях, человечество пока не придумало. Поэтому постоянной задачей персонала, эксплуатирующего оборудование для металлургических процессов, является ремонт быстроизнашиваемых металлических частей. Одним из таких металлургических агрегатов на предприятии АО «Русполимет» является радиально-ковочная машина (РКМ) марки SKK-14 производства фирмы GFM, Швейцария. Одной из наиболее изнашиваемых частей данного агрегата является боек. Боек для РКМ представляет собой многогранную призму с четным количеством граней, рабочих профилей и установочных поверхностей, где каждые две смежные грани бойка выполнены установочными и расположены под углом к направлению приложения усилияковки, а рабочие профили размещены в местах пересечения смежных граней [1]. В процессе эксплуатации происходит неизбежный износ граней бойков, вызванный постоянным взаимодействием с высокими температурами, давлением, налипанием окалины и последующей деформацией рабочей поверхности при ее очистке. Организация процессов на современном металлургическом производстве требует своевременного и эффективного ремонта или замены бойков.

До появления и развития аддитивных технологий в основном использовались следующие способы ремонта изношенных бойков:

- шлифовка под меньший размер,
- электродуговая ручная и механизированная наплавка легированными проволоками.

Развитие аддитивных технологий открывает металлургам новые возможности ремонта изношенных металлических поверхностей. Для восстановления деталей используется мелкодисперсный металлический порошок с широким фракционным составом (размер частиц от 40 до 150–200 мкм), расплавляемый высокоэнергетическим лазером. Технология позволяет использовать различные металлы и сплавы, такие как нержавеющие стали, никелевые сплавы, титановые сплавы, бронзы и металлокерамики, создавать изделия с градиентными свойствами благодаря возможности управления химическим составом подаваемой смеси порошка, формировать мелкозернистую структуру, что повышает прочность выращенных изделий, обрабатывать их традиционными методами, такими как сварка, раскатка и штамповка.

Состояние вопроса

Достоинства и недостатки шлифовки и механической обработки рабочих металлических поверхностей подробно рассматриваются в работах [2–3]. Особенности ремонта металлических приспособлений путем электродуговой ручной и механизированной наплавки

легированными проволоками изучены в научных трудах [4–8]. Оба этих способа имеют свои преимущества, однако к главным их недостаткам можно отнести высокую стоимость и длительность ремонта. Одним из наиболее оптимальных процессов, позволяющих снизить время ремонта и существенно повысить его качество, является прямое лазерное выращивание [9–16]. В качестве наплавляемого компонента используется металлический порошок, произведенный по различным вариантам технологии, таким как газовая атомизация [17] по технологии VIGA или EIGA либо технология Plasma Atomization [18–19]. В данной работе использовали поврежденные бойки от РКМ, принадлежащей АО «Русполимет», в качестве площадки для наплавления, а металлический порошок, полученный методом газовой атомизации в условиях ООО «Гранком», в качестве наплавляемого компонента. Целью работы явилось проведение сравнительного анализа стойкости бойков после ремонта методом прямого лазерного выращивания и традиционным способом (механизированная наплавка легированными проволоками).

Экспериментальная часть

В качестве наплавляемого материала использовали порошок из сплава марки «Инконель-718», который получали методом газовой атомизации. Полупродукт выплавляли в вакуумной индукционной печи емкостью

300 килограмм на марочных отходах (до 90%) и чистых материалах (до 10%). После достижения требуемого химического состава и температуры расплав переливали в специальный промежуточный ковш. Распыление проводили аргоном при давлении 50 атмосфер. Температуру расплава поддерживали на уровне 1650°C.

Полученный порошок подвергали расसेву на установке ситового рассева для получения фракции 45–125 мкм. Выращивание образцов и ремонт изделий проводили на установке прямого выращивания ИЛИСТ-L. Стратегии и режимы выращивания образцов показаны на рис. 1.

Полученные образцы газостатировали по режиму: давление 140 ± 10 МПа, температура 1150/рm10/degc. Время выдержки – 3 часа. Была исследована их микроструктура. Установили, что оптимальные режимы выращивания № 4 и № 5. Полученные образцы испытывали на прессе с превышением номинальной нагрузки до разрушения или деформации. Внешний вид образцов № 4 и № 5 после испытания на прессе показан на рис. 2. Максимальное давление на образец № 4 до разрушения составило 630 т/с (300% от номинального), на образец № 5 2000 т/с (1000% от номинального)

Как видно из рис. 2, образец, полученный по режиму 5, является наиболее устойчивым к нагрузкам давлением, поэтому данный режим был выбран для ремонта деталей. Внешний вид готовых изделий и процесса выращивания показан на рис. 3.

Рис. 1. Стратегии и режимы выращивания образцов. Режимы для 3D-печати.

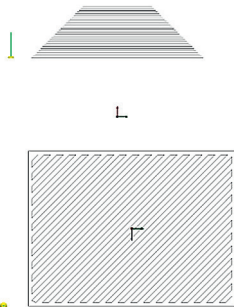
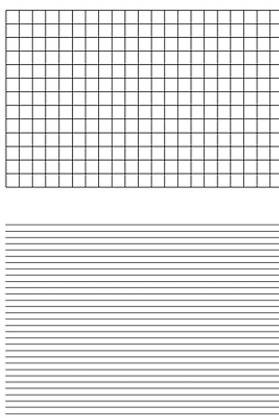
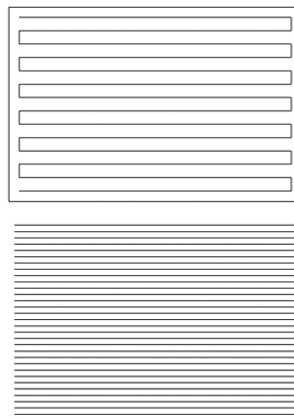
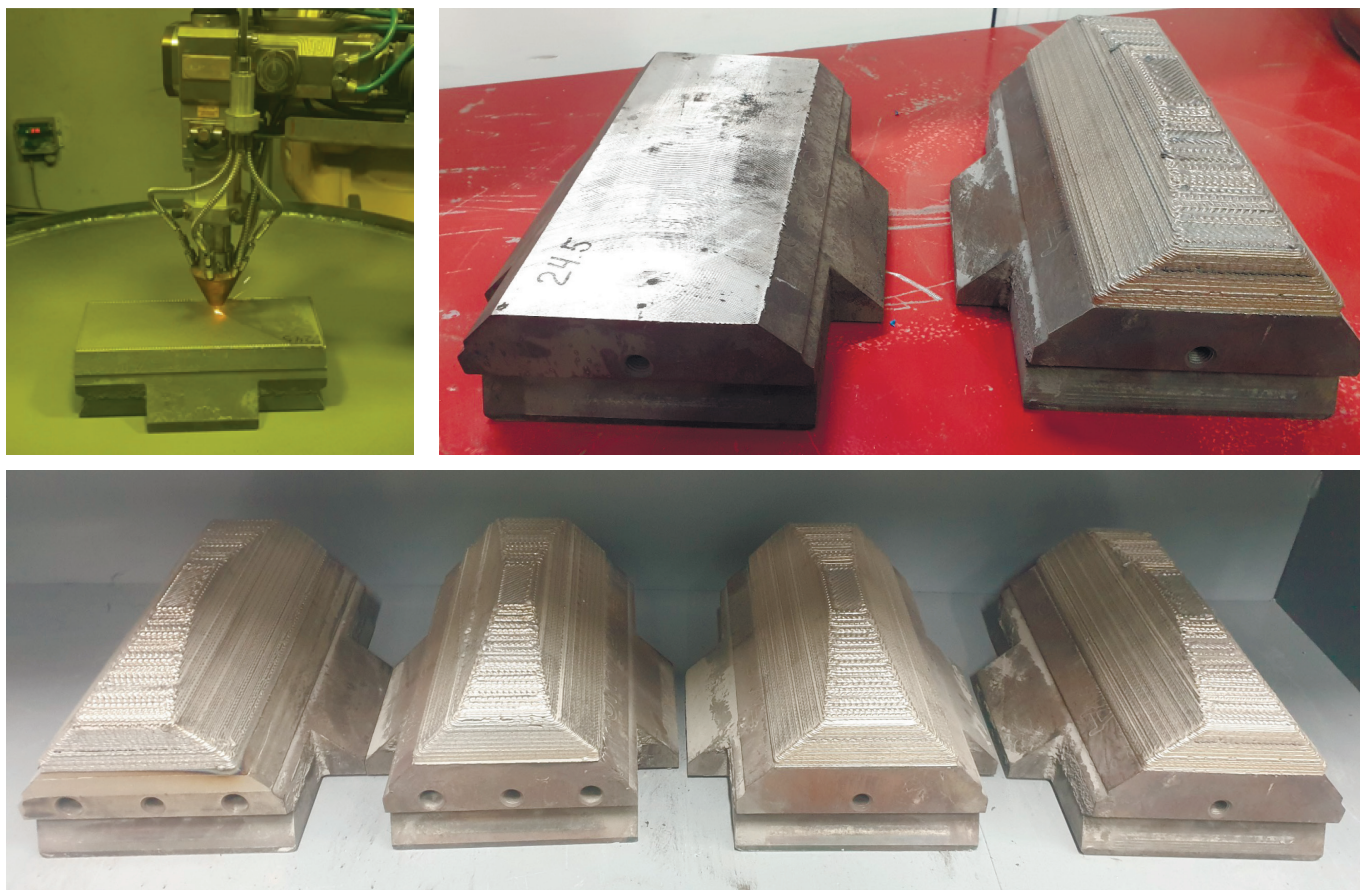
Стратегия		
Образец № 1, 2, 3	Образец № 4	Образец № 5
		
<p>Режимы для 3D-печати: Ширина валика – 2,5 мм Высота валика – 0,8 мм Расстояние между валиками – 1,67 мм Скорость – 25 мм/с Расход порошка: Первый валик – 26, 6 г/мин. Внутренний валик – 21, 2 г/мин. Мощность лазера – 1800 Вт Пятно лазера – 2, 5 мм</p>	<p>Режимы для 3D-печати: Ширина валика – 2,5 мм Высота валика – 0,8 мм Расстояние между валиками – 1,67 мм Скорость – 25 мм/с Расход порошка: Первый валик – 26, 6 г/мин. Внутренний валик – 21, 2 г/мин. Мощность лазера – 1200 Вт Пятно лазера – 2, 5 мм</p>	<p>Режимы для 3D-печати: Ширина валика – 2,5 мм Высота валика – 0,8 мм Расстояние между валиками – 1,67 мм Скорость – 25 мм/с Расход порошка: Первый валик – 26, 6 г/мин. Внутренний валик – 21, 2 г/мин. Мощность лазера – 1300 Вт Пятно лазера – 2, 5 мм</p>

Рис. 2. Внешний вид образцов № 4 и № 5 соответственно после испытания на прессе



Рис. 3. Внешний вид готовых бойков и процесс печати



Обсуждение результатов

Внешний вид комплекта бойков, установленных в машину, а также бойка после выхода из строя показан на рис. 4.

Переков заготовок проводили из марки ЭП-893 с диаметра 77 мм до диаметра 34 мм. Данные о стойкости бойков приведены в таблице 1.

Как видно из данных таблицы 1, комплект бойков, отремонтированных с помощью технологии прямого лазерного выращивания, имеет стойкость на 32,5% выше, чем бойков, отремонтированных по стандартной технологии (при помощи наплавки проволокой), при этом стоимость ремонта по стандартной технологии всего на 2% ниже.

Выводы

- ✓ На предприятиях ООО «Гранком» и АО «Русполимет» создана кооперация по ремонту быстроизнашиваемых частей РКМ.
- ✓ Разработаны стратегия и режим печати для сплава «Инко-718».
- ✓ Получена стойкость комплекта бойков, отремонтированных по технологии прямого лазерного выращивания, на 32,5% выше нормативной. ■

ООО «Гранком»
Нижегородская обл., г. Кулебаки,
ул. Восстания, 1/14, 607018
Тел.: +7 (831) 4351754
info@grankom.com, <https://grankom.com/>

Рис. 4. Внешний вид комплекта бойков, установленных в машину, и боек после выхода из строя



Таблица 1. Стойкость бойков, отремонтированных по новой и стандартной технологиям

Параметр	С наплавкой порошком «Инко-718»	С наплавкой проволокой
Длина перекованного прутка, м	3704,03	2499,56
Увеличение стойкости, %	32,5	

Литература

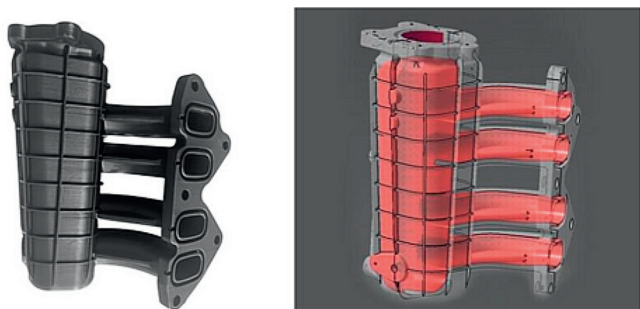
1. Патент N SU 1 225 664 A2 СССР МПК В21J7/16 (2000-01-01). Бойки для радиально-ковочной машины. N 3753946; заявл. 19.06.1984; опубл. 23.04.1986 / Сапуткин Е. П., Макаров А. И., Тимергалеев Р. М., Кувшинов Г. А., Покрас И. Б.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х кн. / А. Г. Косилова [и др.]; под ред. А. М. Дальского [и др.]. 5-е изд., перераб. и доп. — М: Машиностроение-1, 2001 г. — 912 и 944 с.
3. Станочные приспособления: справочник. В 2-х кн. Кн. 1/ Б. Н. Вардашкин; под ред. Б. Н. Вардашкина [и др.]; — М.: Машиностроение, 1984.
4. Донской А. В., Клубничкин В. С. Электроплазменные процессы и установки в машиностроении. — Л.: Машиностроение, 1979. — 232 с.
5. Костилов В. И., Шестерин Ю. А. Плазменные покрытия. — М., Металлургия, 1978. 160 с.
6. Кудинов В. В., Пекшев П. Ю., Белащенко В. Е. и др. Нанесение покрытий плазмой. — М.: Наука, 1990. — 408 с.
7. Сидоров В. П., Борисов Н. А. Критерий проплавляющей способности дуги при сварке [текст] // Сварка и диагностика. — 2013. — С. 24–27.
8. Сидоров В. П., Борисов Н. А. Вклад в проплавление изделия мощности электродного металла при сварке под флюсом [текст] // Пайка-2013: сборник материалов международной научно-технической конференции 72 (Тольятти, 10–12 сентября 2013 года) / редкол.: А. Ю. Краснопецев (отв. ред.) [и др.] — Тольятти: ТГУ, 2013. — С. 232–239.
9. Балякин А. В. Процесс прямого лазерного выращивания жаропрочного сплава: влияние мощности и термической обработки на микроструктуру и механические характеристики // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. — № 4 (46), 2023. — С. 64–78.
10. Киричек А. В., Федонин О. Н., Соловьев Д. Л., Жирков А. А., Хандожко А. В., Смоленцев Е. В. Аддитивно-субтрактивные технологии — эффективный переход к инновационному производству // Вестник Брянского государственного технического университета. 2019. № 8 (81). — С. 4–10.
11. Прямое лазерное выращивание изделий из порошковых материалов: принцип, оборудование и материалы / В. В. Сомонов, Г. А. Туричин, Е. В. Земляков [и др.] // Технические науки в России и за рубежом: материалы VI Междунар. науч. конф. (г. Москва, ноябрь 2016 г.). — Москва: Буки-Веди, 2016. — С. 34–38.
12. Федоров В. Б. Актуальность метода прямого лазерного выращивания в аддитивном производстве. Технологии обработки // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. № 4–5 (91). — С. 152–156.
13. Pinkerton A. J. Advances in the modeling of laser direct metal deposition // Journal of Laser Applications. 2015. Vol. 27. N S1. S15001.
14. J. Gausemeier, M. Wall, S. Peter. «Thinking ahead the Future of Additive Manufacturing — Exploring the Research Landscape», Heinz Nixdorf Institute, University of Paderborn — Paderborn 2013.
15. Debroy T., Wei H. L., Zuback J. S., Mukherjee T., Elmer J. W., Milewski J. O. Allison Michelle Beese, A. Wilson-Heid, A. De, W. Zhang. Additive manufacturing of metallic components — process, structure and properties. Progress in Materials Science. 2018 (92). 112–224.
16. M. O. Sklyar, O. G. Klimova-Korsmik, V. V. Cheverikin. Formation structure and properties of parts from titanium alloys produced by direct laser deposition. Solid State Phenomena. 2017 (265). 535–541.
17. Tsantrizos P. G. et. al. Method of production of metal and ceramic powders by plasma atomization. Pat. US № 5707419, дата выдачи: 13 янв. 1998.
18. Donachie M. J. Donachie S. Superalloys: A Technical Guide, 2nd Ed. — ASM International, 2002. — 438 p.
19. Fngelo H. C., Subramanian R. Powder Metalurge: Science, technology and application. — New Dehli, 2009.

Инновационное применение 3D-печати в производстве композитных деталей

В последние годы наблюдается взрывной рост использования композиционных материалов в 3D-печати, нацеленный на преодоление ограничений традиционных производственных методов, экономию времени и средств. Основанный в январе 2021 года Институт новых промышленных материалов в Дэчжоу занимается исследованиями, разработкой и коммерциализацией технологий, связанных с морскими композиционными материалами, композитами для мобильной связи пятого поколения (5G), передовыми процессами производства композиционных материалов и высокотехнологичного оборудования. Помимо этого научно-исследовательское учреждение активно сотрудничает с компанией Intamsys в реализации двух инициатив по применению 3D-печати в разработке и внедрении композитных деталей.

Прямое аддитивное производство как альтернатива традиционным методам изготовления композитных деталей

Один из проектов института — разработка впускных коллекторов авиационного двигателя. Впускные коллекторы напрямую влияют на производительность силовой установки, однако сложная конструкция создавала трудности в процессе разработки: сложность изготовления пресс-форм и трудоемкая вибрационная сварка означали рост временных затрат и стоимости, а также общее снижение эффективности опытно-конструкторских работ.



Для решения этих проблем институт предпринял первую попытку аддитивного производства впускных коллекторов с использованием технологии экструзионной 3D-печати (FDM). После оценки и сравнения возможностей различных моделей FDM-3D-принтеров, характеристик материалов и сервисной поддержки институт остановился на аддитивной системе Funmat

Pro 610HT от Intamsys и угленасыщенном композите на основе полиэфирэфиркетона (PEEK-CF).

Инновационное применение 3D-печати в производстве композитных деталей

3D-принтеры Funmat Pro 610HT оптимизированы для работы с тугоплавкими конструкционными термопластами, такими как полиэфирэфиркетон (PEEK), полиэфиримид (PEI, Ultem) и полифениленсульфон (PPSU). Оборудование совместимо с широким спектром полимерных материалов, включая кастомные. Термостатированная камера с прогревом до 300°C и двойной экструдер с максимальной температурой хотэндов 500°C позволяют эффективно работать с тугоплавкими полимерами и композитами, в том числе подверженными сильной усадке.



Габариты 3D-печатного коллектора в конечном виде составляют 218,4×216,4×95,4 мм. Дизайн оптимизирован под цифровое производство с применением аддитивных технологий, благодаря чему удалось добиться:

- 30-процентного снижения массы за счет минимальной толщины стенок 1,7 мм против 3 мм в изделиях, полученных методом литья под давлением;
- высокой размерной точности в пределах $\pm 0,2$ мм, упрощающей монтаж детали;
- повышения прочности до 100 МПа, что на 30% выше показателей аналогов, изготовленных из стеклонаполненного нейлона 66 (PA66-GF) методом литья под давлением;
- высокой термостойкости, достаточной для продолжительной эксплуатации при температурах до 144 °C.

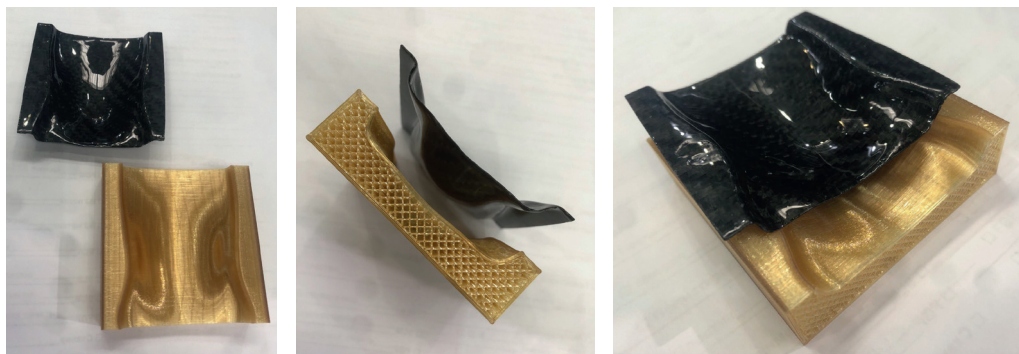
Стоимость производства аналогичной детали традиционными методами составила бы около \$30 000 долларов США и заняла бы порядка полутора месяцев. 3D-печать позволяет изготавливать такие коллекторы цельными деталями с десятикратной экономией средств и всего за четыре – семь дней.

Внедрение 3D-печати в традиционные процессы: новая парадигма в производстве композиционных материалов

Помимо непосредственного изготовления компонентов из композитов сочетание 3D-печати с традиционными технологиями позволяет решать задачи, с которыми сталкиваются традиционные методы, обеспечивая оптимальную производительность и экономическую эффективность. Руководствуясь этой стратегией, институт в сотрудничестве с ведущим китайским университетом разработал роботизированную руку-манипулятор из композиционных материалов.

Несущая конструкция манипулятора напечатана на 3D-принтере Funmat Pro 610HT угленаполненным полиэфирэфиркетон (PEEK-CF), оптимально подходящим для компонента с большими габаритами, сложной структурой и жесткими требованиями к прочности и массе. Опыт наглядно продемонстрировал возможность аддитивного производства сложных, максимально эффективных деталей из тугоплавких полимерных композитов.

Впоследствии несущую конструкцию обернули в препрег, получив легкий и прочный углепластиковый манипулятор с механическими характеристиками



на уровне алюминиевых сплавов, но с минимальными издержками и без необходимости изготовления формочной оснастки.

Инновационное применение 3D-печати в производстве композитных деталей



Манипулятор из композиционных материалов

Помимо интеграции с процессами контактного формования с предварительной пропиткой 3D-печать обладает широкими возможностями применительно к другим технологиям, включая намотку, автоматизированную укладку и компрессионное формование.

С помощью 3D-печати удалось добиться значительных успехов как в прямом аддитивном производстве, так и интеграции с традиционными процессами с повышением эффективности и снижением затрат на изготовление деталей из композиционных материалов. Со-

трудничество Института новых промышленных материалов с компанией Intamsys продемонстрировало огромный потенциал технологий 3D-печати в проектировании, разработке и производстве композитных изделий. ■

Intamsys — высокотехнологичное предприятие, базирующееся в Шанхае и предлагающее промышленное аддитивное оборудование, расходные материалы и программное обеспечение. Компания создала полноценную, глобальную систему маркетинга и послепродажного обслуживания. Продукция Intamsys используется в научно-исследовательских работах, аэрокосмической, автомобильной, электронной, потребительской, медицинской и других отраслях. Компания предлагает комплексные решения для быстрого функционального прототипирования, 3D-печати оснастки для массового производства и изготовления единичных и мелкосерийных изделий по индивидуальному заказам.

Эксклюзивным партнером компании Intamsys на российском рынке выступает компания Z-axis

www.z-axis.ru

В этом номере редакция журнала «Аддитивные технологии» начинает проект «Системный подход к развитию аддитивных технологий в России». В серии интервью представлены экспертные мнения специалистов, которые хорошо знают возможности и проблемы отрасли, работают над развитием российского рынка, понимают эффективные пути перехода от аддитивных технологий к аддитивному производству.

Данный проект будет продолжен и в последующих выпусках журнала. Приглашаем к участию!

Роль Ассоциации развития аддитивных технологий для отрасли 3D-печати в России

Зинаида Сацкая



Аддитивные технологии — направление, которое уже сформировалось как отрасль с производителями оборудования, материалов, программного обеспечения. Своим взглядом на актуальное состояние отрасли с журналом «Аддитивные технологии» поделилась Ольга Оспенникова, д.т.н., исполнительный директор Ассоциации развития

аддитивных технологий (АРАТ), советник президента АО «ТВЭЛ».

Как вы оцениваете динамику продвижения аддитивных технологий в стране и, главное, каковы критерии продвижения?

Аддитивные технологии развиваются достаточно бурно, мы наблюдаем заметный положительный скачок. Выставка «Металлообработка-2024» показала, что серьезными темпами развивается производство оборудования, на рынке появляется все больше отечественных производителей. Это не только крупные корпорации, но и представители малого и среднего бизнеса.

СОГЛАСНО ПРОГНОЗУ «WOHLERS REPORT 2024», К 2033 ГОДУ МИРОВОЙ РЫНОК АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДОСТИГНЕТ 97 МЛРД ДОЛЛ, ТО ЕСТЬ ЗАРУБЕЖНЫЙ РЫНОК ТОЖЕ СТРЕМИТЕЛЬНО РАЗВИВАЕТСЯ.

По российскому рынку в целом мы наблюдаем интенсивный рост. Если в прошлом году мы к 2030 году прогнозировали объем рынка порядка 23,5 млрд руб., то сегодня мы уже прогнозируем, что этот показатель будет достигнут намного раньше. Этот рост виден даже по ежегодным отчетам, которые делает ассоциация. Мы видим, что рынку быть — и в части импортозамещения, и в части достижения технологического лидерства в стране.

Цифры радуют, тем не менее есть ли какие-то факторы, сдерживающие продвижение, и какими могут быть пути их преодоления?

Один из основных факторов — это, конечно же, сертификация. В существующей отраслевой нормативной документации есть отливки, поковки, штамповки, а термин «аддитивные технологии» просто отсутствует. Мы сейчас плотно работаем с Минпромторгом над мерами господдержки и в полный голос говорим о необходимости создавать межотраслевую базу характеристик синтезированных материалов, которая должна быть у конструкторов производителей техники. Минпромторг одобряет эту инициативу, и я думаю, этот вопрос мы будем совместно с ними решать. Сейчас одна из серьезнейших мер господдержки — это национальный проект достижения технологического лидерства в средствах производства и автоматизации, в котором есть достаточно серьезный раздел по аддитивным технологиям. Там же предусмотрены меры государственной поддержки в виде субсидирования НИОКР, субсидирования потребителей аддитивного оборудования. Такой набор мер позволит еще более интенсивно продвигать аддитивные технологии.

В условиях отсутствия длинных дешевых денег малому бизнесу трудно масштабировать свои разработки. Возможно ли большим корпорациям взять на себя роль инвесторов?

Сформированный национальный проект содержит меры господдержки, которые так или иначе требуют конечного заказчика. Любая инициатива, независимо от того, кто с ней выходит — малый и средний бизнес, отраслевые институты или кто-то еще — должна быть поддержана каким-то крупным производителем того или иного вида техники. Как правило, они сосредоточены в государственных корпорациях, которые поддерживают это и всячески стимулируют развитие малого и среднего бизнеса, реализующего свою продукцию. По крайней мере, так действуют «Росатом», «Роскосмос», «Ростех», которые входят в ассоциацию. И мы продолжаем работу с Минпромторгом по совершенствованию мер государственной поддержки. Это, например, внесение соответствующих кодов в перечни Минпромторга, чтобы можно было при импорте и экспорте оборудования до 80% компенсировать логистические затраты.

То же можно сказать и о работе в рамках постановления правительства № 1649 по субсидированию НИОКР, где корпорации выступают заказчиками, чтобы потом было понятно применение. К примеру, компания «ИЛИСТ» Санкт-Петербургского государственного морского технического университета по заказу «Росатома» и при его финансировании выполняет работу по созданию самой крупной в мире установки прямого лазерного выращивания выгородки атомного реактора.

Есть еще один интересный механизм государственной поддержки в соответствии с постановлением правительства № 292. Речь о проектах, которые связаны с созданием инструментов доработки продукции технологических компаний под требования российских корпораций.

КРУПНЫЕ КОРПОРАЦИИ АКТИВНО ВЗАИМОДЕЙСТВУЮТ С МАЛЫМ И СРЕДНИМ БИЗНЕСОМ, ПОТОМУ ЧТО ИМЕННО ТАМ СОСРЕДОТОЧЕНО МНОГО ИНТЕРЕСНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, ПОЛЕЗНЫХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКЦИИ КОРПОРАЦИЙ.

Сейчас достаточно серьезно развиваются такие компании, как «ОНСИИТ», 3DLAM. Они тоже работают при господдержке и делают сейчас очень серьезные заявки на российском рынке аддитивного оборудования. Буквально недавно у нас состоялся визит в компанию 3DLAM. Это небольшая компания. Компания активно развивается, объем производства растет. Есть волгоградская компания «Стереотек», тоже активный член

нашей ассоциации. Они разрабатывают и производят пластиковые принтеры по инновационной технологии 5D-печати. Это их разработка. У них тоже небольшой штат, и они продают под сотню машин в год. Естественно, стоимость пластиковых принтеров меньше, и выручка этих компаний различается, но важен сам факт, что они активно работают на рынке. Мы их слышим, на них распространяются все те меры поддержки, которые разрабатываются Минпромторгом. Ведь основная функция ассоциации — поддержка предприятий, чтобы они знали, что есть кому о них рассказывать. Мы на всех крупных мероприятиях проводим либо круглые столы, либо конференции, чтобы популяризировать аддитивные технологии и чтобы малые предприятия могли рассказать о своих разработках. Мы приглашаем и представителей крупного бизнеса, и потенциальных потребителей, потому что эти дискуссии помогают коллегам находить потенциальных клиентов и дальше плодотворно с ними работать. Ассоциация прорабатывает вопрос по введению таможенных ввозных пошлин в размере 5% на конечную продукцию АТ с рядом ФОИВ. Данная инициатива достаточно важна для отрасли и позволит защитить наших производителей, так как сохраняется вопрос конкуренции с иностранными поставщиками, особенно с учетом уже налаженных каналов поставки. При условии успешной реализации данного нацио-

В ЧИСЛЕ ГЛАВНЫХ ЗАДАЧ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ СЕГОДНЯ УВЕЛИЧЕНИЕ ДОЛИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА РОССИИ, ПОЭТОМУ АССОЦИАЦИЯ АКТИВНО УЧАСТВОВАЛА В ФОРМИРОВАНИИ НАЦПРОЕКТА ПО ДОСТИЖЕНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЛИДЕРСТВА «СРЕДСТВА ПРОИЗВОДСТВА И АВТОМАТИЗАЦИИ» И ВКЛЮЧЕНИЯ В НЕГО НАИБОЛЕЕ ЗНАЧИМЫХ ИНИЦИАТИВ ПО РАЗВИТИЮ ОТРАСЛИ «АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ».

нального проекта появится возможность дать сильный импульс развитию отрасли аддитивных технологий.

Ваша ассоциация была масштабно представлена на выставке «Металлообработка». Что произвело на вас самое большое впечатление, кроме большого количества посетителей стенда?

На выставке «Металлообработка» в этом году мы смогли консолидировать всех аддитивщиков в тематически едином пространстве, что упрощало задачу для потенциальных заказчиков. Спасибо Минпромторгу,

они согласовали нам эту концепцию. Поразил масштаб разработки аддитивного оборудования. Практически все компании, входящие в ассоциацию, демонстрировали не просто отдельные машины, а линейки оборудования, в том числе для печати металлами. Компании поделились опытом организации крупных центров аддитивных технологий, причем не только в Москве и Санкт-Петербурге, но и в других регионах России.

Также в рамках выставки была организована общая экспозиция достижений членов ассоциации. На стенде прошел лекторий, прошли презентации, дебаты и дискуссии по актуальным темам в области аддитивных технологий и проведен круглый стол на тему перспектив внедрения аддитивных технологий, организованы две конференции и проведен конкурс студенческих работ.

Накануне нашего интервью вы были на выставке вертолетной индустрии HeliRussia. Что важного для аддитивной индустрии вы увидели там?

Оборудования там не было, но мы провели интересный круглый стол, на котором коллеги рассказывали о своих достижениях в вертолетостроении. Очень интересный доклад сделал «Национальный центр вертолетостроения имени М.Л. Миля и Н.И. Камова». Там активнейшим образом оптимизируют конструкции под аддитивные технологии. В этом же направлении работает ростеховский центр аддитивных технологий. Рассказы об этих разработках полезны не только тем, кто создает винтокрылую технику. Это мощная демонстрация преимуществ, которые могут дать только аддитивные технологии.

О дефиците инженерных кадров говорят сейчас все. Как обстоят дела в аддитивной отрасли?

Проблема актуальна и для аддитивной отрасли, только здесь она усугубляется тем, что отрасль молодая и бурно развивающаяся. Я вижу несколько путей преодоления проблемы. Первый — это разработка федерального образовательного стандарта для высшей школы, и мы сейчас работаем над этим с вузами, которые вхо-

дят в ассоциацию. Это Санкт-Петербургский политех, Корабелка, Томский политех, Самарский университет, МГТУ им. Баумана, то есть мы собрали ключевые вузы, которые работают в области аддитивных технологий. Второй — это создание центров аддитивных технологий общего доступа на базе опорных региональных и федеральных вузов. Это позволяет готовить кадры на оборудовании российских производителей и выполнять какие-то коммерческие заказы для предприятий региона. Это полезно для всех, потому что происходит консолидация промышленности и вузовской науки: вуз коммерциализует свои разработки, и растут кадры, которые после вуза придут на предприятие уже с навыками работы на аддитивном оборудовании.

Вы рассказали, что в «Миль-Камов» специалисты уже создают конструкции, держа в голове аддитивные технологии. Когда обучение конструированию с изначальной ориентацией на аддитивные технологии переместится в вузы?

Сегодня уже есть серьезные программы дополнительного профессионального образования, которые проходят с участием крупных корпораций. Например, при активном участии ассоциации мы в корпоративной академии «Росатома» разработали две образовательные программы дополнительного профессионального образования. Это базовый курс, который дает общее представление об аддитивных технологиях, и специалитет, который предназначен уже для конструкторов и разработчиков. Здесь разбирают конкретные кейсы, которые учат «аддитивному мышлению».

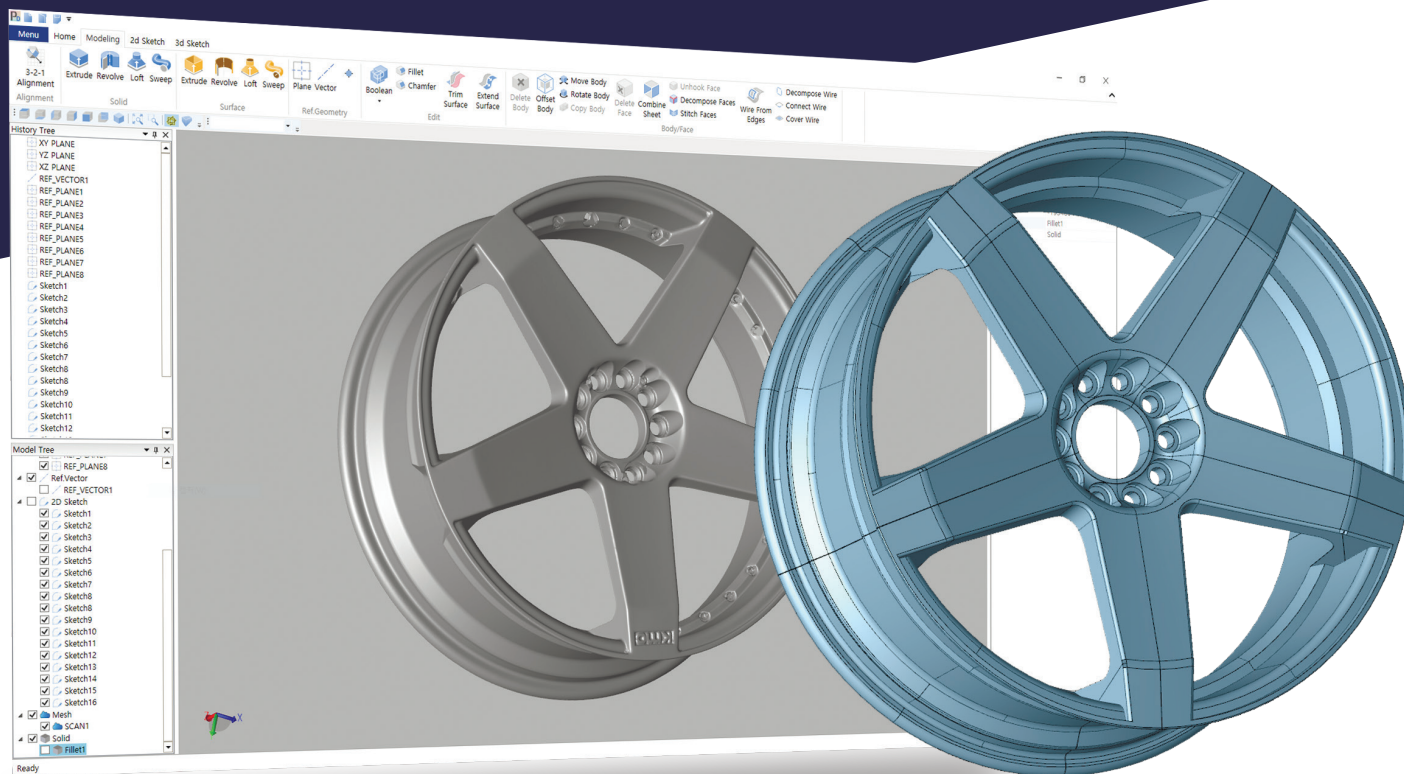
На базе академии прошли обучение уже более тысячи человек. Мы видим, что это приносит результаты, потому что конструкторы уже реально поворачиваются лицом к аддитивным технологиям, понимая, что без них оборудование создавать неэффективно. «Росатом» также активно работает со школьниками и даже дошколятами. Конечно, речь пока идет об игрушках, тем не менее дети начинают на интуитивном уровне чувствовать, что такое аддитивные технологии. ■



Фото: <https://aatd.ru/>

PointShare™

Программное обеспечение для обратного проектирования и контроля геометрии



**Бесплатные демо-лицензии. Официальные поставки.
Полноценное обучение. Работа с дилерами.
Мы открыты к сотрудничеству!**

ООО «Инспект» — официальный дистрибьютор программного обеспечения PointShare на территории Российской Федерации.



Инспект

ООО «Инспект»
Москва, ул. Золотая, 11, офис 4Б13а
Тел.: +7 (925) 682-19-87
info@inspectus.ru
www.pointshare.online
www.inspect-tech.ru

Системный подход к развитию аддитивных технологий в России

Российский рынок аддитивных технологий, как и мировой, неизменно растет. Развиваются технологии, разрабатываются новое оборудование и материалы, появляются новые приложения. За многими отечественными достижениями и внедрениями стоят конкретные люди, которые с энтузиазмом развивают выбранное направление.

Редакция журнала «Аддитивные технологии» провела опрос специалистов, чтобы оценить возможность системного развития отрасли. Были предложены следующие вопросы:

1. Как Вы оцениваете уровень развития АТ и рынка АТ в России?
2. Как увеличить спрос на АТ и ускорить переход от аддитивных технологий к аддитивному производству?
3. Кто может стать движущей силой для ускоренного развития АТ в России?
4. Какие меры и коммуникации могли бы дать дополнительные возможности для развития Вашей организации?



Михаил Родин,
владелец компании
«НПО «ЗД-Интеграция»

Оцениваю уровень развития аддитивных технологий (АТ) как очень низкий. По сути, АТ в России находятся в стадии своего становления. Компаниям-производителям, занимающимся АТ, очень часто приходится доказывать необходимость внедрения АТ на предприятиях. До сих пор многие компании (потенциальные пользователи) не знают и/или

не пробовали АТ у себя на предприятиях. И это, на мой взгляд, самая большая проблема российского рынка АТ.

В то время как во всем мире АТ являют магистральными драйверами развития машиностроения, двигателестроения, протезирования и др., также как робототехника, композитные материалы и ИИ, под которые существуют федеральные программы развития с большими бюджетами, в России до сих пор относятся к АТ как к чему-то экспериментальному. Очень часто мы слышим в России из уст руководителей крупных корпораций, федеральных университетов, крупных промышленных предприятий слова о том, что с АТ все еще многое непонятно, неоднозначно, что нужно подождать. Можно честно сказать, что АТ в России начнут по-настоящему развиваться, только когда изменится это отношение.

Продолжая свою мысль, можно ответить и на второй вопрос о том, что нужно делать. Переход от продажи единиц оборудования для экспериментов к промышленному производству на этом оборудовании серийных изделий возможен и обязательно произойдет в ближайшее время. Ускорить этот переход может серьезное

системное отношение к данному вопросу федерального правительства путем создания **федеральной программы аддитивных технологий** как части нацпроекта «Средства производства и автоматизации». Увеличить спрос и, главное, изменить отношение к АТ можно лишь системно подходу к данному вопросу.

Системность должна включать вопросы:

- стимулирования создания и внедрения промышленных комплексов на базе АТ,
- решения регуляторной базы и вопросов сертификации,
- разворачивания технопарков, занимающихся АТ,
- внедрения стандартов в образовании,
- финансирования ОКРов и НИОКРов по разработке материалов и новых технологий, связанных с АТ,
- и многое другое.

Только системный подход в решении данного вопроса может действительно вывести данную отрасль на передовые позиции и сделать ее по-настоящему конкурентной. Как следствие этого развитие АТ может вывести многие секторы машиностроения на новые рубежи их развития.

Не нужно ждать, что кто-то за нас — участников рынка — сделает всю эту работу. Мы — профессионалы рынка — единственные заинтересованные в развитии АТ боевые единицы. Именно производители, интеграторы, разработчики и пользователи должны и могут стать движущей силой в развитии АТ в России. На наш взгляд, правильным решением будет создание объединений самых активных игроков рынка в некоммерческие организации. Именно такие организации способны перевести решение вопроса развития АТ на новый уровень. Их экспертное мнение, их знания, их энергия, их потенциал будут движущей силой, способной создать импульс развития АТ в России.

Именно дополнительные меры коммуникации и открытое обсуждение самого вопроса создания системы развития АТ могут ускорить процесс запуска федеральной программы АТ. Мы видим это как открытое обсуждение на страницах журнал АТ, на сайте Industry3d.ru, во всех федеральных СМИ, на всех тематических форумах. Нужно прямо сейчас перейти от состояния обсуждения необходимости АТ и мер их поддержки к состоянию обсуждения и реализации федеральной программы АТ и качественной дорожной карты развития АТ. АТ должны занять свое достойное место наряду с робототехникой, ИТ, ИИ, композитными материалами и квантовыми вычислениями.



*Алексей Банников,
руководитель проекта
печати песчаных форм
3d-fab*

заоблачно дорогих технологий они переходят в просто дорогие и привычные. Общая тенденция в мире – в продукт вкладывается все больше интеллекта, и выигрывает в конкуренции самый «умный», удобный, гибкий продукт, быстро меняющийся под нужды потребителя. Это значит – ускорение вывода на рынок новых разработок, уменьшение серий.

В России взрывной рост АТ начался в последние годы, что, безусловно, связано как с импортозамещением, так и с государственной политикой. Мы не можем получать эффект от масштаба в таких объемах, как его получает Китай из-за ограниченного рынка, поэтому ключевым конкурентным преимуществом России должно стать производство сложных, интеллектуально насыщенных изделий ограниченными сериями. А это как раз АТ.

В глобализованном мире, где пластиковые тазы в США привозят морем из Китая, АТ сложно конкурировать с отлаженным массовым производством. В России в девяностые произошло упрощение технологических цепочек и количества переделов, многие производства умерли. Новые вызовы заставляют возрождать производство, и делать это можно и нужно уже на другом технологическом уровне. Таким образом, часто у нас над АТ не довлеет массовое производство, и это дает дополнительные возможности для развития.

Рынок АТ очень похож на рынок информационных технологий (ИТ) 30–35 лет назад, когда случилась революция персональных компьютеров и из нишевого продукта компьютеры внезапно стали массовым изделием. Сейчас такой же процесс уже произошел с FDM-принтерами и последовательно движется в других технологиях. Закон Мура работает и в АТ, и из

Если говорить о переходе от аддитивных технологий к аддитивному производству, есть несколько аспектов — идеологический, образовательный, технологический и экономический.

Идеологический — АТ должно стать модным, как раньше ИТ и программирование. В этой части, с моей точки зрения, работа идет. Про АТ каждый день говорят из каждого утюга, и это правильно.

Образовательный. Аддитивные технологии развиваются стремительно, одних терминов-описаний технологий уже десятки, и постоянно появляются новые. Для применения АТ нужны конструкторы, технологи, которые знают эти технологии, их сильные и слабые стороны, и умеют их применять. Именно эти люди определяют, где возникнет аддитивное производство. У меня есть информация по направлению 3D-печати песчаных форм — за три года у нас на производстве побывало около сотни делегаций, и у всех был один и тот же вопрос: где взять конструктора для проектирования песчаных литейных форм? Совместно с МИСИС мы проводили обучение сотрудников одного из предприятий по заказу руководства. Но, насколько я знаю, программ обучения особенностям 3D-песчаных форм для колледжей и вузов нет. Мы готовы предоставить информацию и ресурсы и совместно с вузами организовать онлайн- или офлайн-курсы. Знание и понимание технологии — ключевой аспект развития производства.

Технологический. Новые технологии появляются каждый год, «старые» технологии увеличивают производительность вдвое каждые три года. Это надо закладывать в прогнозные модели, амортизация оборудования, так же, как и в ИТ, должна быть ускоренной — три года. Стандартизация материалов, технологических процессов и процессов контроля должна успевать за развитием технологий, без этого невозможно стабильное производство. Сейчас каждый нарабатывает опыт сам. Распространение позитивного опыта в аддитивной отрасли и других отраслях даст как резкий рост производства, так и экономический эффект. Недавнее сравнение с Китаем показало, что у нас в 2–3 раза выше накладные расходы и расходы на заготовки. Это в том числе и брак при поиске оптимальных параметров,



Песчаные формы — в массы!

Алексей Анатольевич Банников,
руководитель проекта печати песчаных форм

bannikov@3d-fab.ru

+7-495-109-2520

+7-916-493-3966

www.3d-fab.ru

<https://www.youtube.com/watch?v=VoYRM2vIU>

https://t.me/kosterevo_3d_fab

<https://dzen.ru/3dfab>

который ложится в общую себестоимость продукта. Есть у нас технические издания/ресурсы, на которых бы выкладывали не популярные статьи, а конкретные технические решения для той или иной технологии/оборудования?

При капитализме все это — ноу-хау, и все стараются скрывать информацию. Но опыт в ИТ Linux, Android, развитие FPV-дронов показывает, что свободный обмен информацией дает взрывной рост рынка, на котором хватает места всем. Возможно, государство или саморегулируемые организации (СРО) на его гранты может выкупать и выкладывать в открытый доступ ключевые технологии, приоритетные для развития отрасли.

Экономический. АТ убирает несколько переделов, сокращает занятость, меняет условия труда. Появляется возможность индивидуальных решений промышленного качества. Экономическая модель АТ отличается от модели массового производства. В АТ есть возможность очень точно считать прямые затраты на единицу продукции, накладные расходы и расходы на персонал в разы меньше. Основной вклад в себестоимость вносит амортизация оборудования. И здесь замкнутый круг — чтобы снизить себестоимость, надо максимально загрузить оборудование. При запуске, когда загрузки мало, себестоимость получается запредельной, экономисты ее транслируют в цену изделия, заказчики отказываются, и загрузка еще больше падает. Нужен комплексный долгосрочный подход при расчете экономического эффекта, что требует смены парадигмы у экономистов на производстве.

Движущей силой для ускоренного развития АТ в России могут стать энтузиасты технологии. Они есть в каждой отрасли и технологической нише. Чаще всего они готовы делиться информацией, хорошо известны в кругах специалистов. Наше государство умеет работать только с организациями, поэтому, наверное, нужен какой-то союз аддитивщиков, сначала неформальный, а в будущем, возможно, экспертное сообщество, совместно с правительством и РАН определяющее перспективные направления инвестиций в накопление технологической информации, стандартизации материалов. Формироваться такой союз может на базе профильных групп в соцсетях, в которых не просто реклама спамится, а идет обсуждение конкретных проблем и их решения.

Венчурные финансисты. Деньги в стране есть. Но им нужно внятное обоснование возврата инвестиций. В АТ с этим сложно, поэтому, возможно, государственное страхование венчурных рисков поможет.

Вузы и колледжи. Без специалистов технология мертва. Раньше было сообщество радиолюбителей, потом компьютерщиков, сейчас есть большое сообщество аддитивщиков, которые на энтузиазме занимались самообразованием. Пора переходить к системному подходу и, возможно, этих энтузиастов привлекать к обучению и увлечению молодежи в колледжах и вузах.

Государство. Делает многое для АТ, и усилия приносят результат.

Если говорить о компании 3d-fab, то основная наша проблема — неизвестность технологии. Многие литейщики уже знают про 3D-печать песчаных форм, но технология применима в огромном числе отраслей, в которых про нее просто не знают.

Скорее всего, нам поможет информация о нас в профильных группах в соцсетях, на специализированных ресурсах в интернете и в специализированных изданиях технической и промышленной направленности.

Обучающие вебинары, онлайн- или офлайн-курсы по нашей технологии и приемам проектирования — то, что мы готовы делать.

Если бы у нас была, как в Китае, возможность компенсировать расходы на участие в выставках, гасить часть процентных платежей за оборудование, получить производственные площади в долгосрочную аренду с разумной ставкой или закупить площади в технопарке с льготной ставкой промышленной ипотеки, мы бы смогли расти существенно быстрее.



*Сергей Кулаков,
гендиректор Z-axis*

Медленное развитие рынка АТ в РФ связано с небольшим количеством предприятий в РФ в целом, высоким процентом банковских кредитов для коммерческого сектора, отсутствием помощи развития АТ производства со стороны государства при том, что индустриальное оборудование для АТ довольно дорого, слабой популяризацией АТ в СМИ и другими факторами. Это стало особенно заметно после посещения аддитивных компаний в КНР, где на некоторых производствах установлено сто и более индустриальных принтеров всех видов 3D-технологий: SLM, FDM, SLA, SLS, FGF, BJ Sand and BJ metal. В КНР низкий процент банковских кредитов и правительственного финансирования аддитивной отрасли. Надеемся, что в ближайшем будущем ситуация будет улучшаться.

Хочется отметить государственную программу «Точка роста», в рамках которой в нескольких тысячах школ РФ были поставлены настольные FDM-3D-принтеры. Надеемся, такие меры увеличат интерес к отрасли среди подрастающего поколения.

Общее экономическое развитие в РФ, включая различные льготные финансовые инструменты, помогли бы развитию АТ. Помогла бы и популяризация АТ в СМИ, приглашение специалистов рынка АТ для участия на льготных условиях в технических и технологических мероприятиях РФ.

Что касается нашей компании, то низкий процент банковских кредитов, льготы и финансирование АТ производства со стороны государства, включая участие в выставках и конференциях на льготных условиях, помогли бы ее развитию.



*Евгений Матвеев,
генеральный директор
ООО «Ф2 Инновации»*

Несмотря на то, что аддитивные технологии не новы, печать полимерами только с недавних пор преодолела парадигму домашнего применения и стала частью цикла промышленного производства.

В России полимеры, например, вошли в промышленность через печать прототипов и макетирование, где применялись стандартные полимеры без широких диапазонов температуры эксплуатации. Далее в применении оказались инженерные и высокотемпературные полимеры для печати функциональных или нагруженных деталей, например, частей механизмов и узлов. Сегодня речь идет о более комплексных процессах, которые нацелены не только на срочное решение какой-то задачи и ситуативного использования АТ, но и на переоборудование цехов и производств с пониманием экономического эффекта в будущем.

Ускорить эти процессы и увеличить спрос может повышение технологической зрелости компаний путем проведения обучения сотрудников, аудита задач производств, а также проведения НИОКРов. Сегодня эта кооперация уже ведется, и с каждым днем ситуация улучшается. С другой стороны, нужна поддержка производителей оборудования, чтобы поддерживать не только спрос, но и предложение. Так, например, сегодня для компаний МСП в нашей сфере очень остро встает кадровый вопрос, так как многие инженеры, конструкторы и техники отдают предпочтения крупным заводам, особенно с текущим уровнем зарплат. Не менее важной движущей силой могут стать и государственные органы, которые уже очень многое делают для поддержки отрасли. Поддержка госструктур, пожалуй, в большей степени влияет на уменьшение технологического разрыва, который существует между импортным и российским оборудованием, и укрепление технологического суверенитета страны.

Ни для кого не секрет, что уровень технологического развития российских промышленных компаний за последние пару лет значительно вырос. Положительная тенденция определяется не только современным техническим и материальным оснащением предприятий, но и готовностью принимать современные технологии, в том числе и аддитивные.



*Арсений Ульченков,
генеральный директор
ООО «Металл-Спринт»*

Рынок аддитивных технологий, конечно, пока далек от своего расцвета, и причин тому множество — административные, экономические, образовательные и т.д. Даже географические — и те влияют. Но бурный рост рынка невозможно не заметить: продажи некоторых компаний выросли за прошлый год в разы — и мы не стали исключением.

Конечно, рост рынка не мог не быть связан с ростом доверия к аддитивным технологиям; оно действительно выросло — и это отмечают все участники. Но чтобы перейти именно к аддитивному производству, надо как минимум уменьшить количество административных барьеров. При этом надо понимать, что у больших заказчиков и заказы большие: чтобы их выполнять, приходится увеличивать количество используемых принтеров, используемых материалов и/или кооперироваться. Мы движемся сразу во всех этих направлениях — участвуем в кооперации, увеличиваем парк (на сегодня у нас четыре принтера), наращиваем число используемых материалов (сейчас у нас более десятка различных материалов — алюминий, нержавеющей стали и инструментальные стали, жаропрочные сплавы, титан).

В качестве проводников дальнейшего роста мы видим неравнодушных, увлеченных своим делом конструкторов и технологов. Руководители проектов — в тех компаниях, где принята проектная система, — тоже могут существенно повлиять, будучи лицами, более других заинтересованными в своевременной сдаче проекта.

Занятный факт: это совсем не обязательно молодежь; по нашим наблюдениям, интерес к аддитивным технологиям и аддитивному производству не очень зависит от возраста, больше — от любознательности.

Что касается мер поддержки — любые меры непосредственной финансовой поддержки со стороны государства — всегда палка о двух концах: помогая развитию

METAL SPRINT

- **Конструирование и производство металлических деталей**
- **Инновационная технология селективного лазерного плавления**

www.metal-sprint.com info@metal-sprint.com +7 (499) 286-32-23

отдельных компаний, они совершенно не обязательно приводят к развитию рынка в целом.

Очень важна информационная поддержка; мы часто сталкиваемся с мифами об аддитивном производстве, что-де «у вас высокая пористость и низкая прочность». Это было отчасти правдой в отношении принтеров предыдущего поколения; сейчас же ситуация такая, что мы всем своим клиентам — и потенциальным в том числе — объясняем, что у нас «такой же металл, только лучше», не скрывая при этом некоторых недостатков технологии и свойств готовых изделий. Объясняем, чем мы можем помочь, как можем сделать дешевле, за что мы не сможем взяться, что может получиться плохо. В общем, берем на себя работу «постоянно действующей выставки», где можно посмотреть, потрогать, обсудить и, возможно, договориться о производстве.



*Евгений Копылов,
генеральный директор
ООО «СПИН»*

Как «будущее, которое уже наступило, но неравномерно распределено по планете» (Уильям Гибсон), так и аддитивные технологии не гомогенно проникают по всей стране. И если в региональных столицах присутствуют суперкомпетенции и оборудование, то в целом по стране на предприятиях и в учебных заведениях далеко не везде можно встретить активное их использование или вообще наличие. Хочется отметить, что существуют оригинальные и очень перспективные решения от компаний, работающих в разных сегментах: от классических SLM до технологий габаритных наплавов, от 5-axis FFF-печати до роботизированной печати бетоном, что в целом дает надежду на опережающие темпы развития данного сегмента промышленности.

В плане увеличения спроса хотелось бы выделить главные, по моему мнению, моменты:

- увеличение внимания к инженерному и конструкторскому образованию в России,
- переход на кооперацию через цифровые платформы производства промышленных товаров,
- увеличение количества и расширение полномочий сертификационных центров материалов и технологий.

Если говорить о возможной движущей силе развития АТ в России, то хотелось бы видеть работу по привлечению иностранных специалистов на постоянную работу в Россию, в том числе крупных промышленников, которые смогут производить современные и конкурентные компоненты аддитивных установок. Ну, и важная роль должна отводиться новому поколению молодых ученых и технарей, которые учатся или уже закончили профильные вузы и СПО.

Для нашей компании критически важным является наличие профильных площадей под цифровые производства, специальные грантовые и субсидиарные программы на техническое вооружение. Перспективным кажется создание постоянно действующего промышленного «Экспоцентра», где компании круглый год могли бы показывать свои наработки, устраивать стресстесты оборудованию, обмениваться опытом и встречать клиентов. Пяти дней выставки «Металлообработка» очень не хватает.



*Николай Дробченко,
директор направления
аддитивных технологий
3DLAM*

Аддитивное производство в России находится на стадии активного роста. Объем и структура рынка аддитивных технологий составляет 15 миллиардов рублей. В настоящее время производители активно внедряют аддитивные технологии (АТ) в свои процессы. По мере того как все больше предприятий знакомятся с возможностями 3D-печати и технологии становятся более доступ-

ными и эффективными, рынок продолжает стремительно расширяться.

Большое значение для популяризации и развития технологий аддитивного производства имеет программа Министерства промышленности и торговли Российской Федерации по субсидированию расходов на сертификацию в различных отраслях промышленности, включая авиационную и атомную, а также все прочие, подлежащие обязательной сертификации. Цель программы — повышение доступности и привлекательности сертификации для предприятий, использующих аддитивные технологии.

Аддитивные технологии позволяют предприятиям легко и быстро получать изделия из сложных и высокопрочных сплавов. Их популяризация имеет решающее значение для широкого внедрения. Распространение информации об их доступности и простоте использования позволяет инженерам и конструкторам осознать потенциал и возможности применения данных технологий на своих производствах.

Развитие аддитивных технологий в России во многом обусловлено деятельностью компании 3DLAM. Мы уже имеем богатый опыт и знания в данной области, реализовав ряд флагманских проектов совместно с ведущими университетами, такими как Политех Петра Великого. Кроме того, ключевую роль в продвижении АТ играют знаковые клиенты из сфер медицины, авиации и других отраслей. Их практический опыт применения этой технологии убедительно демонстрирует ее

надежность, прочность и эффективность. Значительная активность в освоении и внедрении АТ наблюдается в частном бизнесе. Предприятия, понимающие экономические преимущества этой технологии, активно интегрируют ее в свои производственные процессы.

Активное участие 3DLAM в отраслевых мероприятиях, таких как форумы, семинары, выставки и конференции, играет важную роль в обсуждении актуальных вопросов развития аддитивных технологий и их внедрения в новые сферы. Тем не менее для достижения более широкого охвата и привлечения внимания обществен-

ности к потенциалу АТ необходимо сотрудничество со средствами массовой информации. Взаимодействие со СМИ позволит 3DLAM и другим компаниям, работающим в области аддитивного производства, расширить охват своей аудитории, привлечь новых клиентов и партнеров, а также стимулировать более широкое внедрение АТ в промышленность и различные сферы деятельности. Таким образом, популяризация аддитивных технологий через сотрудничество со СМИ является важным шагом для продвижения их использования и раскрытия полного потенциала. ■

«Росатом» открывает новые центры

28 июня 2024 года Топливный дивизион «Росатома» открыл первый за Уралом Центр аддитивных технологий общего доступа (ЦАТОД) в Томском политехническом университете на базе передовой инженерной школы «Интеллектуальные энергетические системы». Мероприятие было приурочено ко Дню молодежи. Это второй ЦАТОД в России: первый был открыт при поддержке «Росатома» в 2023 году на базе Удмуртского государственного университета в Ижевске.



В новом центре собрано уникальное отечественное оборудование для создания изделий аддитивным методом из пластика и металла. Это 3D-принтеры, разработанные и произведенные на предприятиях «Росатома». Среди них устройство FORA, печатающее методом послойного нанесения расплавленного пластика по заранее установленному алгоритму (FDM), и RusMelt 300M, который выращивает изделия из порошковых композиций нержавеющей стали и жаропрочных материалов по технологии селективного лазерного сплавления (SLM). Последний был передан университету 25 марта 2024 года в ходе международного форума «Атомэкспо-2024».

Кроме того, уже появилась информация о новом центре. В рамках выставки «Иннопром-2024» Топливный дивизион «Росатома» и Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина (УрФУ, участник консорциума опорных вузов «Росатома») пришли к соглашению об открытии ЦАТОД на базе УрФУ. Открытие планируется до конца 2024 года.



<https://www.atomic-energy.ru>, <https://atommedia.online>



Двигателестроение: ИННОВАЦИИ, ТЕХНОЛОГИИ, ПРОИЗВОДСТВО

<https://itp-forum.com>

С 18 по 19 апреля 2024 года в Рыбинске в МУК «Общественно-культурный центр» (ОКЦ) и Рыбинском авиационном колледже (РАК) состоялся X Международный технологический форум «Инновации. Технологии. Производство».

Форум проводится ежегодно начиная с 2014 года и собирает более тысячи ведущих технических специалистов и руководителей высокотехнологичных предприятий, академической и вузовской науки, малого и среднего бизнеса.

X юбилейный международный технологический форум в Рыбинске объединил на одной площадке лучших представителей двигателестроительной отрасли, бизнеса и науки. Участники обсудили вызовы реальных секторов высокотехнологичной промышленности России, узнали о трендах развития новых технологий

и представили собственные разработки в области авиационного двигателестроения.

Ключевая тема МТФ-2024 — «Фронтальные технологии беспилотных систем». Данная тема в настоящее время особенно актуальна. Цель ее обсуждения состояла в том, чтобы создать технологические решения не только в области газотурбинного сектора, но и в смежных секторах развития технологий. Формат форума позволил определить, какие компетенции сегодня нужно совершенствовать. В рамках пленарного заседания рассмотрели сценарий создания и эксплуатации к 2040 году не менее 1 млн беспилотных систем для перевозки людей и грузов на территории Российской Федерации.

Среди актуальных тем форума также создание энергетических установок и двигателей для беспилотных



Фото: <https://itp-forum.com>



летательных аппаратов, цифровых двойников авиадвигателей и их цифровая сертификация. Участники рассмотрели перспективы развития отечественного металлообрабатывающего оборудования для машиностроения, опыт использования искусственного интеллекта и нейронных сетей для оптимизации процесса технологической подготовки производства на предприятиях двигателестроения.

Кроме того, участники форума обсудили совершенствование образовательных программ в ведущих технических вузах с учетом запросов современного двигателестроения и применение индивидуальных образовательных траекторий при подготовке инженеров. Двигателестроительные предприятия и передовые инженерные школы определили задачи, которые предстоит решать студентам ПИШ для создания фронтальных технологий в ОДК.

В рамках деловой программы состоялось награждение организаторов и постоянных участников форума благодарностью губернатора Ярославской области.

В рамках форума также прошли мероприятия по тематическим направлениям: «Передовые инженерные школы», «Цифровизация предприятия», «Новые материалы», «Индустрия 4.0» и «Новые продукты».

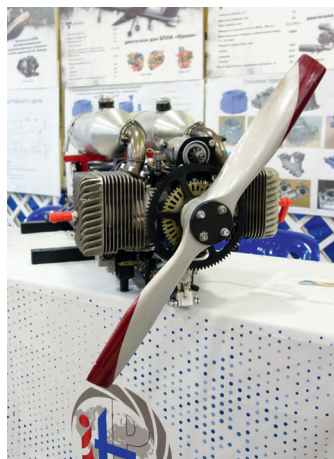
С докладами на 26 секциях МТФ 2024 выступило порядка 260 спикеров, среди которых — ученые, предприниматели и высококвалифицированные специалисты, руководители передовых инженерных школ

(ПИШ) из Москвы, Санкт-Петербурга, Перми, Уфы, Новосибирска, Самары, Омска и др.

Впервые на форуме 18 апреля 2024 года прошел демодень Индустриального центра компетенций «Двигателестроение», на котором ОДК представила результаты работы по особо значимым проектам. В настоящее время совместно с компанией «АСКОН» создается отечественное инженерное программное обеспечение, а с НПЦ «1С» проводится доработка и внедрение ПО для управления производством. Разработка новых программ осуществляется на средства гранта, полученного от Российского фонда развития информационных технологий (РФРИТ).

В рамках форума 18–19 апреля на первом и втором этажах в холлах ОКЦ состоялась технологическая выставка, в которой принимали участие вузы РГАТУ, ЯГТУ и организации из Ярославской, Московской и Пермских областей (ПАО «ОДК-Сатурн», ООО «Ярсан», Технопарк «Рыбинск», «Рыбинские сувениры», «РИТМ машиностроения» и «Аддитивные технологии», ООО «Турбомашин», «Турбины и дизели», АО «Моделирование и цифровые двойники», ООО «Аванс Инжиниринг», ООО «Робин», ООО «АСКОН», АО «Научно-производственное предприятие «Рубин», НПЦ «1С», ГК «Цифра», ООО «ИКСВелд»).

Всего в двухдневной работе форума приняло участие около 2000 человек, среди которых два зарубежных участника из Китая. ■





Большое внимание к аддитивным технологиям

На международном технологическом форуме «Инновации. Технологии. Производство» по теме аддитивных технологий (АТ) прозвучали доклады в рамках двух секций.

Первую — **«Рынок промышленного аддитивного оборудования в России»** — традиционно подготовил ПАО «ОДК Сатурн» совместно с компанией «АБ-Универсал».

Серия докладов отечественных производителей о своих разработках, новинках показала уровень выпускаемого отечественного оборудования, направления развития российских компаний. В секции приняли участие представители ООО «ИФ АБ Универсал», АО «НПО «ЦНИИТМАШ» (ГК «Росатом»), СПбГМТУ, ООО «НПО «ЗД-Интеграция» (i3D), ООО «Лазеры и аппаратура ТМ», 3DLAM, ООО «ОНСИНТ», ООО «ИФ АБ Универсал», АО «Лазерные системы», ООО «Эксклюзивные решения», Московский центр лазерных технологий МГТУ имени Н.Э. Баумана, ООО «ИксВелд», компания «ТЭТА».

Также были представлены и вызвали большой интерес подробные доклады по продукции китайских производственных компаний BLT Company, Farsoon, EPlus-3D® (дилер EPlus-3D® в России — Группа компаний «Диполь»).

И, конечно, не остался без внимания доклад руководителя группы специализированного оборудования и аддитивных технологий АО «ОДК» Владимира Королева, где он предложил алгоритм по оценке соответствия оборудования для селективного лазерного сплавления металлических материалов требованиям предприятий.

С инициативой организации второй секции — **«Перспективы применения аддитивных технологий в двигателестроении»** — выступил Самарский университет им. С.П. Королева.

В ее рамках обсуждались темы применения в двигателестроении технологий прямого лазерного выращи-

вания (ФГУБОУ ВО СПбГМТУ), WAAM (СПбГУ), селективного лазерного спекания (АО НПО «Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения», Госкорпорация «Росатом»), металлической и полимерной 3D-печати (ООО «КБ РЭДИТИВ»). Несколько докладов были посвящены организации высокотехнологичного производства с применением АТ (Технологический центр Самарского университета, АО «РКЦ Прогресс», ООО «ИННФОКУС»), и в частности, производства беспилотных летательных аппаратов (SIU System). Поднимался вопрос перехода от аддитивных технологий к аддитивному производству (Центр аэрокосмических материалов и технологий ПИШ МАИ). Возможности применения 3D-сканеров для решения задач по контролю геометрии и обратному проектированию рассматривались в докладах от компании i3D. О применении ПО ADEM для изготовления ДСЕ двигателей прозвучало выступление от ООО «АДЕМ-инжиниринг».

Такое большое внимание к теме аддитивных технологий не случайно. ОДК давно и успешно развивает эти технологии на производственных площадках и использует все возможности для внедрения лучших образцов оборудования и эффективных практик. ■

Татьяна Карпова



АМТЕХПРО

2024

Форум-выставка
новых материалов
и технологий



АМТЕХПРО

19-21 ноября • 2024 года • Технопарк «Сколково»

- Более 1500 участников из ключевых индустрий.
- Обширная деловая программа, посвященная теме новых материалов и технологий.
- Новейшие достижения в области новых материалов и технологий будут представлены в современном выставочной пространстве.
- Конкурсы для профессионалов отрасли и торжественные церемонии награждения.
- Межотраслевой нетворкинг.
- Торжественный прием делового клуба АМТЕХПРО.

ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ ФОРУМА

- КОМПОЗИТЫ
- АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
- ПОЛИМЕРЫ
- РЕДКИЕ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ
- ЦИФРОВОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
- НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ
- МИКРОЭЛЕКТРОНИКА

Программный директор:

Элина Билевская
+ 7 (916) 237-93-25
ESBilevskaya@atomexpro.com

Руководитель отдела продаж:

Наталья Пустобаева
+ 7 (967) 77-00-500
PNV@atomexpro.com

amtexpro.ru



Рис. 1. Фото: Академия «Цифра Цифра»

«Металлообработка-2024»: АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

На проходившей в мае московской выставке «Металлообработка» аддитивные технологии заняли достойное место в экспозиции, были представлены на персональных и коллективных стендах, привлекали внимание посетителей новинками оборудования и образцами печати. В данном фоторепортаже представлены некоторые экспонаты.

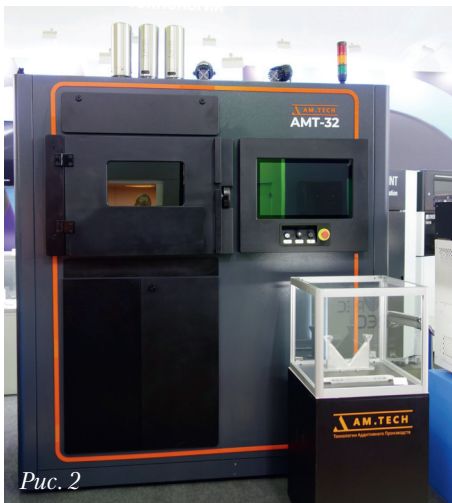


Рис. 2

Во-первых, аддитивное оборудование демонстрировалось на двух коллективных стендах **Ассоциации развития аддитивных технологий (АРАТ, рис. 1)** и **Центра «Сколково»**.

На стенде АРАТ было показано оборудование членов ассоциации: 3D-принтер для печати по технологии SLM AMT-32 производства AM.TECH – рис. 2 (группа компаний i3D), новый SLM-принтер MINI PRO компании **3DLAM** – рис. 3 (камера построения в 1,94 раза больше по сравнению с 3DLAM Mini), профессиональные SLS 3D-принтеры SM300, SM200 и SLM-принтеры AM150, AM350 компании «**Онсинт**» (рис. 4, 5), а также образцы печати, в том числе в экспозиции **Самарского университета им. С.П. Королева** и **Томского политехнического университета**. В числе прочих Томский политехнический университет показал образцы печати из первого отечественного полимера ПВДФ (поливинилиденфторид). Стенд ассоциации был выполнен с зоной лектория, который был организован **Академией аддитивных технологий «Цифра Цифра»** и прошел в первый день выставки.

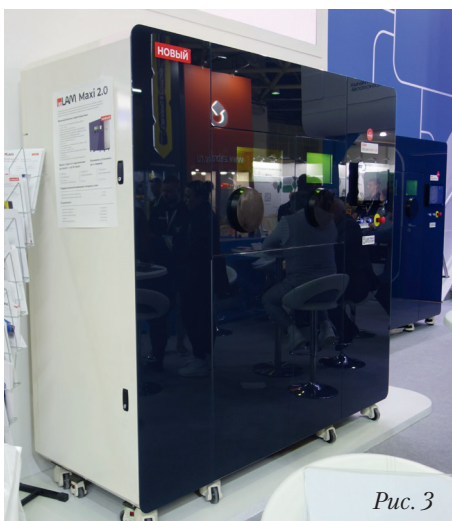


Рис. 3

На стенде центра «Сколково» из аддитивного оборудования были представлены: профессиональные SLS-принтеры компании «**Онсинт**», промышленный полимерный 3D-принтер F2 Quart печати гранулами – флагман компании **F2 Innovations** (рис. 6), профессиональный пятиосевой 3D-принтер компании «**Воплощение**» (рис. 7), в котором, по словам разработчиков, впервые совмещен ряд важных технологических новшеств – пятиосевое управление, термокамера и высокотемпературный экструдер, позволяющие работать с суперконструкционными пластиками, и экструдер, который печатает гранулированными пластмассами, что расширяет выбор полимеров для потребителей. Компанией **REC** демонстрировались композиционные материалы для 3D-печати – порошки, гранулы и филаменты для технологий SLS, FGF и FDM. Были представлены и разработки в области 3D-сканирования. Компания **RangeVision** показывала обновленное комплексное решение – оптический 3D-сканер и собственное программное обеспечение RV 3D Studio для бесконтактной трехмерной оцифровки физических объектов; компания **Scanform** – отечественный программно-аппаратный комплекс для 3D-сканирования и обработки 3D-моделей.



Рис. 8

Стоит отметить, что обе групповые экспозиции размещались в центральном павильоне, были окружены индивидуальными тематическими стендами и пользовались большим вниманием.

Теперь об индивидуальных экспозициях. На стенде **i3D** была представлена богатая гамма технологий: SLM-принтеры AMT-16 производства



Рис. 4



Рис. 5



Рис. 6

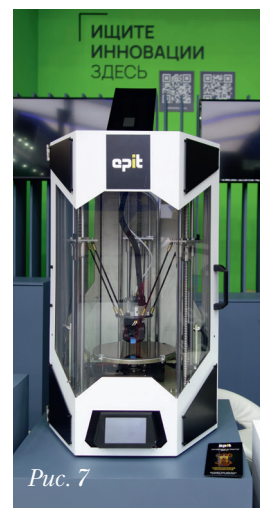


Рис. 7

AM.TECH; 3D-принтер для печати металлом MBJ-400 PRO (рис. 8); 3D-принтер для печати металлических изделий электронным лучом в вакууме EBM-200; 3D-принтер для печати керамикой C-136, оптические измерительные системы производства AM.TECH, а также образцы печати песчаных литейных форм от китайской компании FHZL. В настоящее время создано совместное предприятие с компанией FHZL и запущен процесс локализации песчаных и полимерных принтеров этой компании.

Компания **3DLAM** представила шесть SLM-принтеров, в том числе впервые две новые модели 3DLAM Mini PRO и 3DLAM Maxi 2.0. В большой модели возможно установить до четырех лазеров, обеспечив высокую производительность.

Топливный дивизион «Росатома» показал обновленный металлический SLM 3D-принтер RusMelt-310M с рабочей зоной 300×300×370 мм (рис. 9). Машина работает на российском ПО.

Компания **«Лазерные системы»** презентовала впервые линейку из трех SLM-принтеров. Маленькая одноканальная машина с одним лазером рассчитана на задачи мелкого бизнеса и университетов (рис. 10), средняя и большая — с возможностью установки двух лазеров и двойной системой фильтрации (смена картриджа может осуществляться без остановки машины).

К слову сказать, 3D-принтер M-450 был продан со стенда во время выставки.

На стенде компании **«АБ-Универсал»** была представлена новая SLM-установка для производства металлических деталей ULS-180 (рис. 11), а также образцы, изготовленные по аддитивным технологиям из металлических порошков, в том числе с габаритами до 1300 мм.

Новый 3D-принтер Russian SLM Factory (рис. 12) был показан и компанией **«Эксклюзивные решения»**. Установку отличает новый дизайн, обновленная комплектация, в том числе отечественные абсолютные энкодеры, экономичная система рекуперации газов, позволяющая снизить расход газа до менее 1 литра в минуту. Были представлены интересные образцы печати. И, конечно, на стенде рассказывали о возможностях софта собственной разработки Triangulatica, который предлагается рынку и как самостоятельный продукт.

На стенде **«Стереотек»** показали новую линейку 5D-принтеров (рис. 13) и демонстрировали FDM-печать реальных деталей из каталога в 3D и 5D.

Институт лазерных и сварочных технологий СПбГМТУ представил на выставке новую мобильную технологическую установку дуговой наплавки – рис. 14 (WAAM, ПДВ), а также образцы заготовок изделий, полученных на роботизированных установках прямого дугового выращивания, разработанных в ИЛИСТ.



Рис. 9



Рис. 10



Рис. 11



Рис. 12

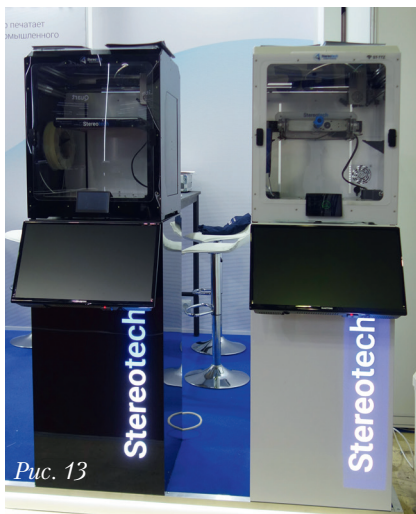


Рис. 13

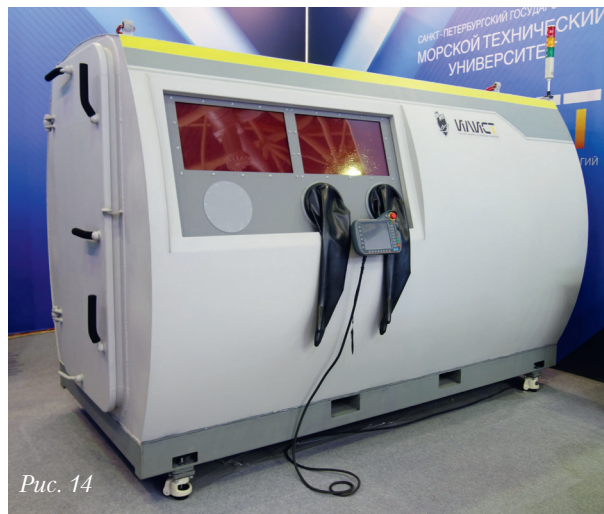


Рис. 14

На собственном стенде компании **F2 Innovations** впервые был представлен новый FDM/FFF-3D-принтер F2 Kubo. Kubo – это самый высокотемпературный принтер из линейки оборудования F2, который оснащен обновленной системой печати и отлично подходит для печати высокотемпературных деталей во весь объем построения. Также были представлены уже известный FDM/FFF-3D-принтер F2 Lite и крупногабаритный принтер для печати больших изделий, оснасток из полимерных гранул (FGF) – F2 Gigantry (рис. 15).

Компания **ZIAS MACHINERY** показала 3D-принтер BPrint Mini для печати песчаных форм (рис. 16). Это младший в линейке 3D-принтер компании, при этом, по словам производителя, он обладает большой гибкостью в регулировании технологических режимов.

На стенде компании «Термолазер» по аддитивному направлению были представлены роботизированная установка прямого лазерного выращивания и установка плазменной атомизации (рис. 17), позволяющая выпускать мелкодисперсные порошки как для селективного лазерного плавления, так и для прямого лазерного выращивания.

Специалисты компании «Диполь» представили современное промышленное оборудование (рис. 18), новые решения и разработки: решения компании

EPlus-3D® (КНР) для печати изделий из металлов и пластиков размерами до 1,5 метра (технологии печати – SLM, SLS, SLA); решения компании Shining3D® (КНР) для метрологических измерений и реверс-инжиниринга (сканирование с линейным размером до 10–15 метров).

На совместном стенде **iQB Technologies** и **TWIZE** были друг друга дополняющие экспозиции: современные готовые 3D-решения для промышленности и бизнеса: лазерные и оптические 3D-сканеры метрологического класса (рис. 19), технологии 3D-печати SLA, SLM, SLS, MJP, FDM/FGF, программные продукты для аддитивного производства, а также комплексные услуги центра быстрого прототипирования. Помимо знакомых пользователям решения были представлены новинки рынка 3D-печати – инновационная продукция китайского производителя PioCreat, позволяющая решать задачи в таких областях, как медицина и ювелирное дело (с помощью фотополимерных принтеров на основе процессов DLP и LCD), а также изготовление крупногабаритных изделий по технологии прямой экструзии гранул полимера (FGF).

Новинкой **Обуховского завода** на выставке стал фотополимерный 3D-принтер КГ-100 с рабочей зоной 300×200×300 мм (рис. 20), работающий по техно-



Рис. 15



Рис. 16



Рис. 17



Рис. 18



Рис. 19

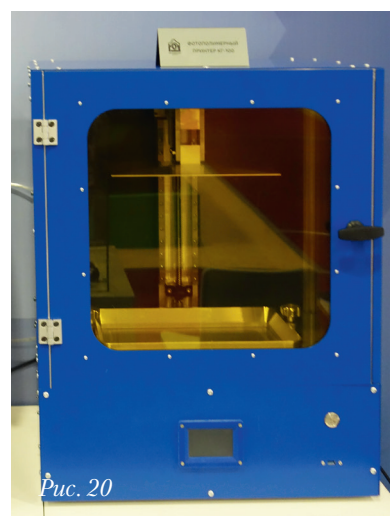


Рис. 20

логии mLCD (монохромная фотополимерная печать с использованием LCD-матрицы). Также впервые на выставке был представлен макет отечественной аддитивной установки «Бархан-1200» для изготовления печатных литейных форм. Ее производство Обуховский завод освоил в 2024 году. Размер установки 6 метров в высоту, 6 на 4 метра в горизонте. 3D-принтер разработан в рамках программы импортозамещения. Свои разработки на выставке также представил входящий в Обуховский завод Научно-исследовательский институт прикладного материаловедения (НИИПМ), продемонстрировав создание продукции по технологиям Binder Jetting, SLS и SLM.

На стенде **Z-axis** можно было увидеть SLA-принтер Kings JS-600 с рабочей зоной 600×600×400 мм (рис. 21), новый FDM-принтер FUNMAT PRO 610 HT компании INTAMSYS, образцы печати песчаных литейных форм (рис. 22).

На стенде **Top 3D Group** показали промышленные 3D-принтеры: 5D-принтеры Stereotech, Zbolt S400 HT Dual, песчаный Robotech R-600; промышленные сканеры Shining 3D, портативный 3D-сканер Revopoint Miraco; отечественные 3D-сканеры компаний Scanform, RangeVision, Thor3D.

Компания **SIU System** представляла 3D-принтер пеха3D, работающий по технологии LSPc (рис. 23), услуги по реверс-инжинирингу и 3D-печати металлом и другими материалами для импортозамещения

И еще немного об образцах печати. На стендах было на что посмотреть. Буквально два примера. На стенде московского **ЦАТ** были представлены образцы печати целого ряда авиационных деталей: сопловой лопатки, завихрителя, корпуса двигателя силовой установки, корпуса первой опоры (рис. 24) и др. На стенде томской компании «**НПК ТЭТА**» были показали образцы шар-баллонов, выполненные методом электронно-лучевой наплавки проволоки в вакууме из титанового сплава Вt6 (рис. 25).

Если говорить в целом, то на моей памяти и по отзывам других участников, такой представительной выставки «Металлообработка» в ЦВК «Экспоцентр» еще не было. И тема аддитивных технологий не только логично встроилась в экспозицию, но и стала ее украшением и центром притяжения. Российские производители удивили и порадовали широкой гаммой нового оборудования, материалов, сканеров и др.

Обзор подготовила Татьяна Карпова

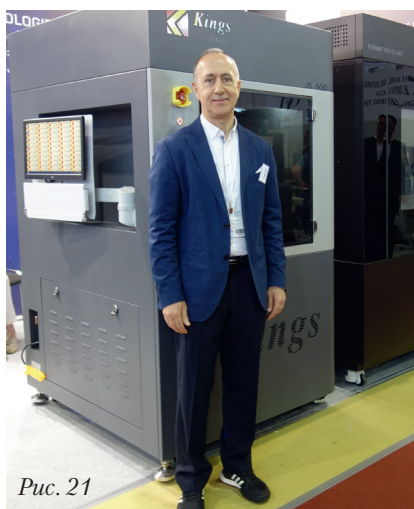


Рис. 21



Рис. 22



Рис. 23



Рис. 24



Рис. 25



День реверс-инжиниринга

17 июня на Московском цифровом заводе состоялась значимая экспертная встреча, посвященная вопросам реверс-инжиниринга и импортозамещения.

На мероприятии:

1. Участники увидели примеры успешного ремонта иностранного оборудования с применением реверс-инжиниринга.
2. Были представлены возможности отечественных решений в области реверс-инжиниринга, включая новейшее оборудование и программное обеспечение.
3. Обсуждались меры государственной поддержки для предприятий, а также лучшие образовательные программы, направленные на подготовку экспертов в данной области.

С докладами выступили представители таких компаний, как академия «Цифра Цифра», «ЗД-Интеграция», RangeVision, «Нанософт разработка», КБ «РЭДИТИВ», «АСКОН – Системы проектирования», Harz Labs и другие.

Мероприятие посетило 70 участников, среди которых были директора и ведущие инженеры различных предприятий. Специалисты узнали о новейших достижениях в области реверс-инжиниринга и обменялись опытом с коллегами и экспертами.

Благодарим всех, кто присоединился к нам на этом важном событии! Следите за обновлениями на сайте www.2cifra.ru и анонсами будущих мероприятий!



«Аддитивный конгресс #1» с элементами цифры: погружение в мир 3D-технологий

С каждым годом 3D-технологии все больше проникают в различные сферы нашей жизни: от производства до медицины. Именно в этом контексте особенно интересным представляется «Аддитивный конгресс #1» от академии аддитивных технологий «Цифра Цифра», который пройдет 20 сентября в Москве. Конгресс обещает стать не просто событием, а истинным катализатором для аддитивной индустрии.

Одним из главных преимуществ данного мероприятия является его комплексный характер. Здесь участники смогут познакомиться с самыми передовыми технологиями в области аддитивного производства, обменяться опытом с экспертами, поучаствовать в мастер-классах и курсах повышения квалификации, а также узнать об успешных кейсах перехода от традиционных методов к аддитивным.

На мероприятии особое внимание уделяют и практическим аспектам. Участники получают возможность ознакомиться с самыми последними разработками в области аддитивных технологий и узнать, как они могут быть применимы на практике. Более того, участники курсов получают официальное удостоверение о повышении квалификации государственного образца. Это поможет им не только углубить свои знания, но и подтвердить свою экспертность в данной области перед работодателями и партнерами.

Организатор конгресса академия аддитивных технологий «Цифра Цифра» представила насыщенную

деловую программу, которая обещает не только информативное мероприятие, но и дискуссии, направленные на анализ «слепых зон» аддитивного производства, что предоставит участникам возможность в полной мере осмыслить суть и перспективы этой инновационной отрасли.

Помимо деловой программы участников ждут и разнообразные развлечения: на конгрессе будет проведен аддитивный стендап, который добавит юмора и разрядит серьезную атмосферу мероприятия. Кроме того, будет организован фуршет, где участники смогут насладиться вкусными закусками и напитками, а также выступление кавер-группы, которое создаст неповторимую атмосферу.

Важным аспектом «Аддитивного конгресса #1» является его доступность. Регистрация уже открыта, и приобрести билеты можно по выгодной цене. Это отличная возможность для всех, кто хочет быть в курсе последних тенденций в мире 3D-технологий, окунуться в мир инноваций, узнать о перспективах развития отрасли и изучить реальные способы увеличения эффективности предприятия за счет аддитивных технологий.

Не упустите свой шанс принять участие в этом уникальном событии, которое станет отправной точкой для новых достижений и открытий в мире аддитивных технологий. Регистрируйтесь по ссылке:

<https://additivecongress.ru/>

ЦИФРА ЦИФРА АКАДЕМИЯ
АДДИТИВНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ

АДДИТИВНЫЙ КОНГРЕСС #1 С ЭЛЕМЕНТАМИ ЦИФРЫ

20 СЕНТЯБРЯ 2024

Единственное специализированное мероприятие
и выставка аддитивных технологий в России

Выбор режима экструзионной 3D-печати ТПУ-пластиком

И.Ю. Булич¹, Т.В. Баранов¹, П.А. Петров^{1*}, Н.С. Шмакова², И.А. Чмутин²

¹ Московский политехнический университет, г. Москва, Россия

² Технологический центр коллективного пользования АО «Технопарк Слава», г. Москва, Россия

e-mail *petrov_p@mail.ru

Термопластичный полиуретан (принятое сокращение ТПУ, TPU и др. по ГОСТ 34376.1-2017 [ISO 16365-1:2014]) — инженерный полимерный материал, относящийся к термопластичным эластомерам (ТПЭ) класса эластомеров [1].

В ГОСТ 34376.3-2017:

— рассматриваются требования к способам изготовления образцов для испытания и методы определения свойств термопластичных полиуретанов, предназначенных для формования (литья под давлением) и экструзии;

— перечислены показатели и методы испытаний, которые пригодны и необходимы для характеристики материалов на основе ТПУ;

— выделены показатели, имеющие существенное значение для материалов на основе ТПУ и разделенные на две группы для их классификации — типовые и особые свойства (таблица 1).

Критерий разделения в классификации — значение твердости по Шору, шкала D. Выделено два диапазона — ≤65 и >65. **В таблице 1 отмечено: «+» — свойство определяется и «х» — свойство не определяется.**

В зависимости от конкретного применения могут использоваться термопластичные полиуретаны с различным набором свойств и характеристик. По данным компании «Пластик-Технолоджиз» (Республика Беларусь) [2], ТПУ могут рассматриваться как материалы-заменители следующих пластмасс и резин (таблица 2).

ТПУ имеет распространение для изготовления изделий методом экструзионной аддитивной технологии (FFF/FDM). Рассмотрим особенности выбора режима 3D-печати термопластичным полиуретаном различной твердостью по Шору: от 30 единиц Шора А до 80 единиц Шора D.

Из открытых источников (сайты производителей ТПУ-филамента; сайты производителей 3D-принтеров) и по результатам 3D-печати авторов статьи составлен обзор возможных режимов 3D-печати ТПУ-пластиков с разной твердостью по Шору (таблицы 3–5). Выбор режима определяется:

— конструкцией корпуса 3D-принтера: открытая (без корпуса), закрытая (с корпусом; данные о типе термокамеры отсутствуют);

— типом подачи материала: bowden, direct;

— твердостью ТПУ по Шору: шкала А или D.

Твердость по Шору в таблице 5 определена на напечатанных образцах с применением твердомера ТВР-А (шкала А) и ТВР-D (шкала D) компании «Восток-7». Режим 3D-печати соответствует изготовлению образцов для проведения испытаний на растяжение, испытаний на твердость и определения диэлектрической проницаемости образцов ТПУ.

Механические свойства исследовались на универсальной испытательной установке Tinius Olsen 50ST двухколонного типа с максимальной нагрузкой 50 кН (5000 кгс). Диэлектрическая проницаемость ТПУ-пластика после его обработки по экструзионной технологии оценивалась методом широкодиапазонной диэлектрической спектроскопии с использованием прецизионного измерителя LRC в диапазоне частот от 20 Гц до 5 МГц [3]. Определение температуры стеклования (таблица 5) выполнено методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) для образцов исходного филамента диаметром 1,75 мм. Испытания по определению свойств проводились на оборудовании компании Mettler Toledo. Режим проведения испытаний: нагрев в диапазоне –80°C — 300°C (в зависимости от состава полимерного материала) со скоростью 20 К/мин в среде N₂.

Режимы 3D-печати, представленные в таблице 5, применялись для изготовления образцов ТПУ разной твердости для измерения электрических свойств (частично результаты этих исследований приводятся в статье [3]) и исследования структуры полученных образцов. Исходными данными для экструзионной аддитивной технологии является 3D-модель, интерпретируемая в слайсере как набор конструктивных элементов: оболочек (внутренний и внешний периметр), заполнения, перекрытий (пересечений), специальных элементов (крышка, дно, тип адгезии к столу 3D-принтера). Настройки выбранного режима 3D-печати позволяют (таблицы 3–5):

– сформировать конструктивные элементы изделия (группа геометрических параметров, задаваемых в слайсере);

– учесть кинематику выбранного для работы 3D-принтера (группа параметров, связанных со скоростными условиями работы 3D-принтера);

– учесть механику и реологию деформируемого термопластичного материала (термомеханические параметры, параметры ретракта, потока и т.п.).

Проиллюстрируем влияние вышеназванных параметров на формируемую структуру образцов, предназначенных для измерения электрических свойств;

Таблица 2. Замещение пластиков и резин термопластичным эластомером ТПУ

Пластик	Резина	ТПЭ
ПЭ, ПП, ПВХ-П, ПУ, АБС, ПТФЭ	NR, SBR, EPDM, CR, NBR	TPU
Примечание: CR – хлоропеновый каучук; NRB – акрилонитрил-бутадиеновый каучук; EPDM – этиленпропилендиеновый каучук; ECO – эпихлоргидриновый каучук; SBR – бутадиен-стирольный каучук; NR – натуральный каучук		

Таблица 1. Типовые и особые свойства ТПУ

Свойства	Единица измерения	Твердость по Шору ≤65		Твердость по Шору >65	
		Типовые	Особые	Типовые	Особые
Реологические					
Показатель текучести расплава массовый/объемный	см ³ /10 мин или г/10 мин	+	х	+	х
Механические					
Твердость по Шору Д	Единицы	+	х	+	х
Модуль упругости при растяжении	МПа	+	х	+	х
Растягивающее напряжение: – при относительном удлинении 20%, 100% и 300% – при удлинении более 300 %	МПа	+ х	х +	+ х	х х
Прочность при разрыве	МПа	+	х	+	х
Относительное удлинение при разрыве	%	+	х	+	+
Ползучесть при растяжении	МПа	х	+	х	+
Ударная вязкость по Шарпи образца с надрезом	кДж/м ²	х	+	х	+
Прочность при раздире	кН/м	+	х	х	+
Сжатие	%	+	х	х	+
Сопротивление истиранию	мм ³	+	х	х	+
Биологическая стойкость	–	х	+	х	+
Термические					
Температура стеклования при твердости по Шору Д≤65	°С	х	+	х	х
при твердости по Шору Д>65		х	х	+	х
Поведение при горении	–	х	+	х	+
Электрические					
Поверхностное сопротивление	Ом	х	+	х	+
Тангенс угла диэлектрических потерь	–	х	+	х	+
Удельное объемное сопротивление	Ом×м	х	+	х	+
Диэлектрическая проницаемость	–	х	+	х	+
Электрическая прочность	кВ/мм	х	+	х	+
Сравнительный индекс трекинговостойкости (СТИ)	В	х	+	х	+
Прочие					
Плотность	кг/м ³	+	х	+	х
Содержание воды	–	+	х	+	х

Таблица 3. Обзор режимов 3D-печати TPU по данным производителей филамента

Параметр режима 3D-печати 1	Марка и модель 3D-принтера			
	не определено (данные с сайта PrintProduct)	не определено (данные с сайта PrintProduct)	не определено (данные с сайта PrintProduct)	не определено (данные с сайта PrintProduct)
Материал	Titi Flex Soft PrintProduct	Titi Flex Spring PrintProduct	Titi Flex Medium PrintProduct	Titi Flex Hard PrintProduct
Твердость по Шору ¹	80 A	95 A	50 D	60 D
Температура сопла, °C	220–225	220–225	220–225	220–225
Температура стола, °C	50–60	50–60	50–60	50–60
Поток, %	н/о	н/о	н/о	н/о
Общая скорость печати, мм/с	30–35 (Cura, Simplify3d)	30–35 (Cura, Simplify3d)	30–35 (Cura, Simplify3d)	30–35 (Cura, Simplify3d)
Подача	direct	direct	direct/bowden	direct/bowden
Сопло, мм	0,4	0,4	0,4	0,4
Обдув, %	нет	нет	нет	нет
Ретракт	2,5–3,0 мм со скоростью 25–30 мм/с (Cura, Simplify3d)	2,5–3,0 мм со скоростью 25–30 мм/с (Cura, Simplify3d)	2,5–3,0 мм со скоростью 25–30 мм/с (Cura, Simplify3d)	2,5–3,0 мм со скоростью 25–30 мм/с (Cura, Simplify3d)

Примечание: ¹ режимы 3D-печати и твердость по Шору – по данным интернет-сайта производителя филамента – компании PrintProduct.

Параметр режима 3D-печати 2	Марка и модель 3D-принтера		
	не определено (данные с сайта Filamentarno)	не определено (данные с сайта Filamentarno)	не определено (данные с сайта Filamentarno)
Материал	TPU A80 Filamentarno	TPU A93 Filamentarno	TPU A95 Filamentarno
Твердость по Шору ²	80 A	93 A	95 A
Температура сопла, °C	220–240	220–240	220–240
Температура стола, °C	60–80	60–80	60–80
Поток, %	100–105	100–105	100–105
Общая скорость печати, мм/с	30–50	30–50	30–50
Диаметр сопла, мм	от 0,25	от 0,25	от 0,25
Обдув, %	20–60 (по необходимости)	20–60 (по необходимости)	20–60 (по необходимости)
Ретракт	н/о	н/о	н/о
Высота слоя (минимальная), мм	0,1	0,1	0,1

Примечание: ² режимы 3D-печати и твердость по Шору определены по данным интернет-сайта производителя филамента – компании Filamentarno!

Параметр режима 3D-печати 3	Марка и модель 3D-принтера		
	не определено (данные с сайта REC – профиль для Cura)	не определено (данные с сайта REC – профиль для Cura)	не определено (данные с сайта REC – профиль для Cura)
Материал	EasyFlex REC	SoftFlex REC	TPU D70 REC
Твердость по Шору ³	95 A	70 A	70 D
Температура сопла, °C	225	225	220
Температура стола, °C	50	50	40
Поток, %	100	100	100
Подача	direct	direct, bowden	direct, bowden
Диаметр сопла, мм	0,4	0,4	0,4
Обдув, %	20	35	20
Ретракт	6,5 мм со скоростью 25 мм/с (Ultimaker Cura)	6,5 мм со скоростью 25 мм/с (Ultimaker Cura)	6,5 мм со скоростью 25 мм/с (Ultimaker Cura)

Примечание: ³ режимы 3D-печати и твердость по Шору – по данным с интернет-сайта производителя – компании REC

Таблица 4. Режимы 3D-печати TPU по данным производителей 3D-принтеров

Параметр режима 3D-печати 4	Марка и модель 3D-принтера				
	PICASO Designer линейка X	PICASO Designer линейка X	PICASO Designer линейка X	PICASO Designer линейка X	PICASO Designer линейка X
Материал	TPU A93 Filamentarno	TPU Soft BestFilament	eTPU-A95 eSun	TPU FDPlast	EasyFlex REC
Твердость по Шору ⁴	93 A	н/о	95 A	75 A	95 A
Температура сопла, °C	240	220	220	190	220
Температура стола, °C	75	70	50	60	60
Поток, %	105	104	98	100	97
Подача	direct	direct	direct	direct	direct
Обдув, %	50	0	100	100	35
Ретракт	1,0 мм со скоростью 20 мм/с (Polygon X)	1,0 мм со скоростью 20 мм/с (Polygon X)	1,0 мм со скоростью 20 мм/с (Polygon X)	1,0 мм со скоростью 20 мм/с (Polygon X)	1,5 мм со скоростью 20 мм/с (Polygon X)

Примечание: ⁴ режимы 3D-печати и твердость по Шору – по данным с интернет-сайта производителя 3D-принтера – компании PICASO

Таблица 5. Режимы 3D-печати TPU по данным пользователя

Параметр режима 3D-печати 4	Марка и модель 3D-принтера		
	PICASO Designer Classic	PICASO Designer Classic	PICASO Designer X Pro Series 2.0
Материал	Titi Flex Soft PrintProduct	Titi Flex Spring PrintProduct	Titi Flex Hard PrintProduct
Твердость по Шору ⁵	80 A	88 A	58 D
Температура стеклования (средняя) ⁵ , °C	-34,85	-6,40	18,28
Температура сопла, °C	235	220	240
Температура стола, °C	70	80	75
Поток, %	100	100	100
Скорость стенки, мм/с	5	10	25
Скорость заполнения, мм/с	5	10	25
Подача	direct	direct	direct
Сопло, мм	0,5	0,5	0,5
Обдув, %	20	20	50
Ретракт	1,5 мм со скоростью 25 мм/с (Polygon X)	1,5 мм со скоростью 25 мм/с (Polygon X)	1 мм со скоростью 20 мм/с (Polygon X)
Высота слоя, мм	0,2 (минимум)	0,2 (минимум)	0,2 (минимум)

Примечание: ⁵ режимы 3D-печати, твердость по Шору и температура стеклования – по данным авторов статьи

Рис. 1. Форма образцов в слайсере

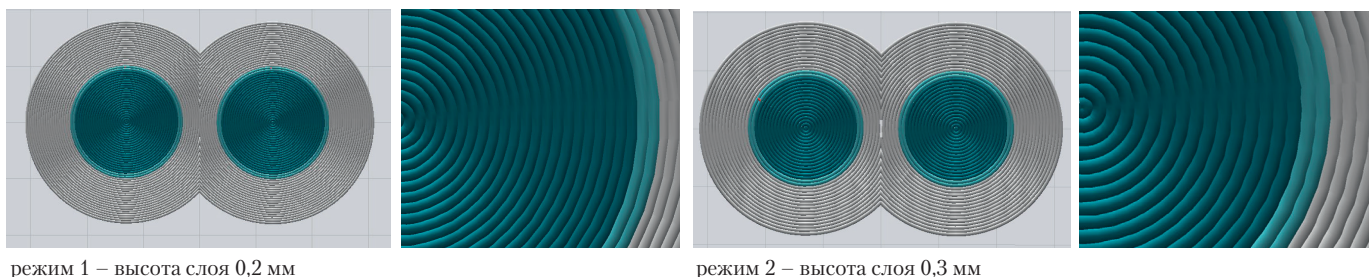


Таблица 6. Геометрические параметры образцов в слайсере Polygon X

Параметр	Значение	
	Режим 1	Режим 2
Варьируемый режим печати		
Количество нижних слоев	1	1
Ширина линий нижнего слоя, мм	0,4	0,56
Количество периметров	25	19
Ширина линий периметров, мм	0,4	0,56
Ширина линий внутреннего заполнения, мм	0,4	0,56
Пересечение с периметрами	15%	15%
Тип адгезии к платформе	кайма	кайма

форма образцов показана на рис. 1, их размеры — диаметр 20,00 мм, толщина 1,0 мм. Материал образцов — ТПУ Titi Flex Spring PrintProduct (см. режим 3D-печати в таблице 5).

Дополнительные настройки режима 3D-печати образцов показаны в таблице 6. Увеличение высоты слоя в сочетании с увеличением ширины линий нижнего слоя уменьшают время изготовления образца и, как видно из рис. 2, ухудшают качество структуры изготовленного образца при прочих равных условиях (равные значения параметра «поток» — см. таблицу 5). В точках 1 и 2 изучается структура в двух сечениях каждого из двух образцов: поперечном сечении А-А и продольном сечении, совпадающем с верхней торцевой поверхностью образца.

Рис. 2. Структура образцов после экструзионной 3D-печати

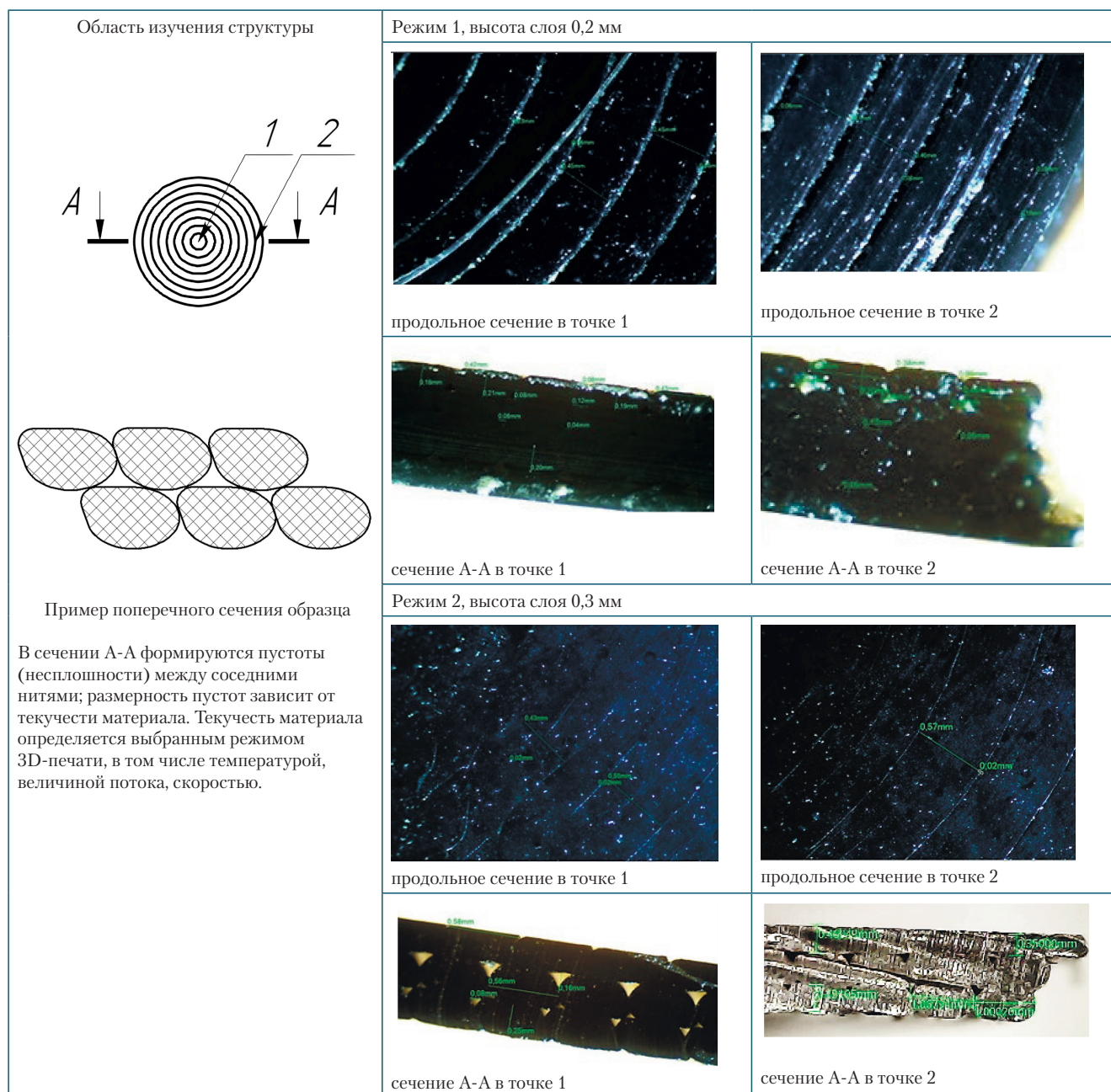


Таблица 7. Сравнение характерных размеров образцов

Параметр	Значение	
	G-code	Физический образец
Режим 1		
Количество слоев	5	5
Ширина линий нижнего слоя, мм	0,4	0,40–0,46
Ширина линий периметров, мм	0,4	0,40–0,46
Ширина линий внутреннего заполнения, мм	0,4	0,40–0,46
Высота слоя, мм	0,2	0,18–0,21
Режим 2		
Количество слоев	3	3
Ширина линий нижнего слоя, мм	0,56	0,55–0,58
Ширина линий периметров, мм	0,56	0,55–0,58
Ширина линий внутреннего заполнения, мм	0,56	0,55–0,58
Высота слоя, мм	0,3	0,24–0,29

Сопоставление размеров характерных элементов структуры образцов — в слайсере и после их замера с помощью микроскопа (кратность увеличения 4X) — показывает некоторый разброс значений ширины линий для физического образца (таблица 7). Наиболее значимое отклонение наблюдается при формировании высоты слоя, равной 0,3 мм, что, по всей видимости, и является причиной увеличения несплошности структуры для образца, изготовленного по режиму 2.

Для режимов 1 и 2 характерна почти прямоугольная форма нитей в первом слое образца, что связано с постоянным контактом с подогреваемой рабочей платформой во время 3D-печати и деформацией слоев по высоте, обеспечиваемой соплом. Высокоэластичное состояние ТПУ в выбранных условиях 3D-печати обеспечивает его текучесть и формирование геометрии образца, требуемого для измерений. ■

Литература

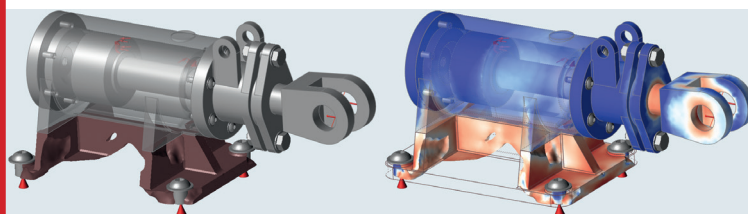
- Legge N.R. Thermoplastic Elastomers — Three Decades of Progress / N.R. Legge // Rubber Chem. Technol. 1989. Vol. 62. № 3
- Термопластичные эластомеры. [Электронное издание] URL: <https://ptl.by/index.pl?act=PRODUCT&id=50> (дата обращения: 20.06.2024).
- Поляков К.А., Баранов Т.В., Булич И.Ю., Петров П.А., Шмакова Н.С., Чмутин И.А. Электрические свойства ТПУ-пластика после 3D-печати по экструзионной технологии // Аддитивные технологии. 2024. № 2. С. 58–65.



Кафедра «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии» Московского политехнического университета специализируется на компьютерном проектировании технологии и создании её цифрового двойника (digital twin). Задача специализации — получение наилучшего совпадения результатов моделирования с результатами натуральных экспериментов. В своей работе сотрудниками кафедры применяется современное российское и зарубежное программное обеспечение.

ОСНОВНЫМИ НАПРАВЛЕНИЯМИ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТОК КАФЕДРЫ ЯВЛЯЮТСЯ:

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



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

КАФЕДРОЙ ВЕДЁТСЯ ПОДГОТОВКА КАДРОВ ПО СЛЕДУЮЩИМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОГРАММАМ:

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



Контактная информация:
115280, г. Москва,
ул. Автозаводская, д. 16
Тел.: +7/495/ 223-05-23, доб. 2344,
e-mail: omd.at@mospolytech.ru





22–24 октября 2024
Москва, Крокус Экспо

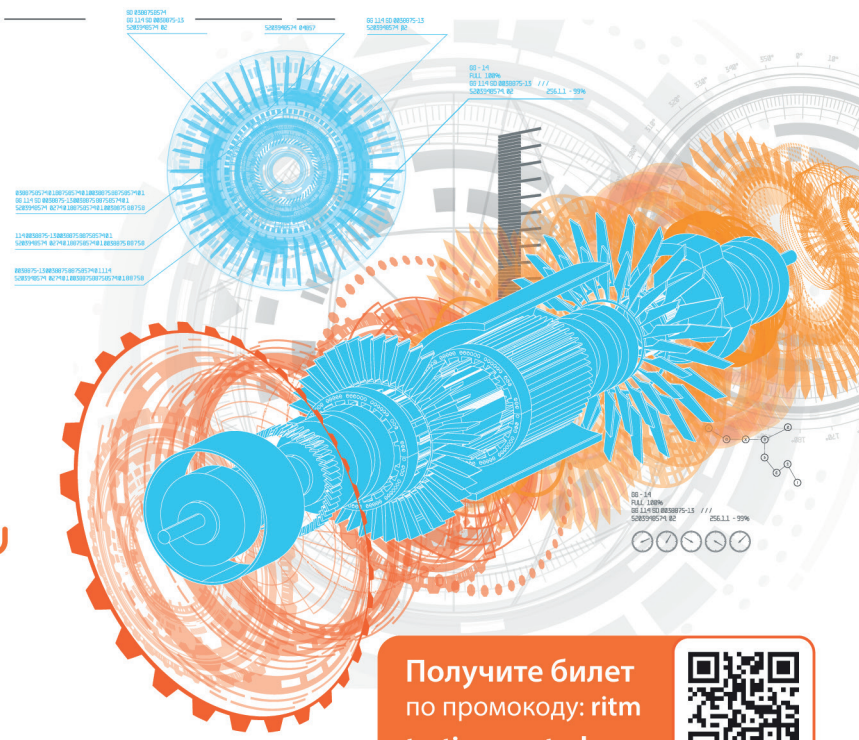
21-я Международная
выставка испытательного
и контрольно-измерительного
оборудования

Организатор



Международная
Выставочная
Компания

+7 (495) 252 11 07
control@mvk.ru



Получите билет
по промокоду: ritm
testing-control.ru



ТЕРМООБРАБОТКА

Семнадцатая международная специализированная выставка

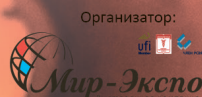
**Единственная в России выставка
термического оборудования и технологий**

17 - 19 сентября 2024

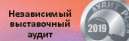
Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр», павильон 7

Основные разделы:

- » Оборудование для термической и химико-термической обработки
- » Промышленные печи и сушильные шкафы
- » Жаропрочная оснастка
- » Индукционное оборудование
- » Огнеупорные и теплоизоляционные материалы
- » Изделия из графита, углеродного волокна и углерод-углеродных композитов
- » Лабораторное и контрольно-измерительное оборудование
- » Вакуумная техника
- » Автоматизация производства



Организатор:



В рамках выставки "Термообработка - 2024" 18 сентября пройдёт Семнадцатая международная научно-практическая конференция "Инновационные технологии термообработки"
Место проведения: Москва, ЦВК "Экспоцентр", павильон 7, конференц-зал

Бронь стендов и
пригласительные билеты на
www.htexporus.ru



Telegram-канал «Термообработка»
@termoobrabotka



termoobrabotka



@htexpo_ru



21–24.10.2024

ТЕХНОФОРУМ



www.technoforum-expo.ru

«Оборудование
и технологии
обработки
конструкционных
материалов»

Россия, Москва,
ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

Реклама



12+

65 ЭКСПОЦЕНТР

ПОДПИСНОЙ КУПОН НА ЖУРНАЛЫ НА 2024 год



РИТМ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Вы можете оформить подписку на журнал «РИТМ машиностроения» с любого месяца. Стоимость одного номера — 750 рублей, стоимость годовой подписки (7 номеров) — 5250 рублей.

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

БАНКОВСКИЕ РЕКВИЗИТЫ:

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

Фамилия, имя, отчество (получателя):

Наименование предприятия (организации, фирмы):

Индекс и полный почтовый адрес (получателя):

Юридический адрес (для выставления счета)

ИНН/КПП

Телефон:

E-mail (если он имеется)

Подписка на журнал «РИТМ машиностроения»:

номер

год

Подписка на журнал «Аддитивные технологии»:

номер

год



Вы можете оформить подписку на журнал «Аддитивные технологии» с любого месяца. Стоимость одного номера — 750 рублей, стоимость годовой подписки (4 номера) — 3000 рублей.

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



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