

Учебно-научный образовательный «Центр аддитивных полимерных технологий» – содружество кафедры ХТПП и ПК с ООО «ТОТАЛЗЕД» (TOTAL-Z)

Educational and scientific "Center for Additive Polymer Technologies" – cooperation of the Department of HCCI and PC with TOTALZED LLC (TOTAL-Z)

И.Д. СИМОНОВ-ЕМЕЛЬЯНОВ¹, А.В. ДУБИНИН², А.А. ЮРКИН¹, Р.Я. КАЗБЕРОВ¹

I.D. SIMONOV-EMELYANOV¹, A.V. DUBININ², A.A. YURKIN¹, R.YA. KAZBEROV¹

¹ МИРЭА – Российский технологический университет (Институт тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова)

² ООО «ТОТАЛЗЕД»

¹ MIREA – Russian Technological University (Institute of Fine Chemical Technologies named after M.V. Lomonosov)

² TOTAL-Z LLC

simonov@mitht.ru

Рассматриваются вопросы формования изделий из полимерных материалов и композитов по аддитивным технологиям (АДТ), которые являются одним из современных направлений в технологии переработки полимерных материалов и композитов в изделия со сложной геометрией различных типоразмеров.

Представлено, что создание АДТ является комплексной научно-технической задачей. Приведены данные по российскому производителю 3D-принтеров ООО «ТОТАЛЗЕД» и модельному ряду принтеров.

Показана роль кафедры ХТПП и ПК РТУ МИРЭА в организации совместно с компанией «ТОТАЛЗЕД» первого учебно-научного образовательного центра по аддитивным полимерным технологиям (Центр АДПТ), подготовке кадров и развитии аддитивных технологий.

Ключевые слова: аддитивные технологии, полимерные материалы и композиты, 3D-печать, изделия

The issues of molding products from polymer materials and composites using additive technologies (ADT), which are one of the modern trends in the technology of processing polymer materials and composites into products with complex geometry of various standard sizes, are considered.

It is shown that the creation of ADT is a complex scientific and technical task. The data on TOTAL-Z LLC, the Russian manufacturer of 3D-printers, and model range of printers are presented.

The role of RTU MIREA's Department of Chemistry and Technology of Plastics and Polymer Composites Processing, together with TOTAL-Z LLC, in the organization of the first educational and scientific center for additive polymer technologies, training and development of additive technologies is shown.

Keywords: additive technologies, polymeric materials and composites, 3D-printing, products

Аддитивные технологии (АДТ) – одно из современных направлений в технологии переработки полимерных материалов и композитов в изделия со сложной геометрией различных типоразмеров.

Кафедра химии и технологии переработки пластмасс и полимерных композитов «МИРЭА – Российский технологический университет» (Институт тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова) в 2019 году заключила договор о содружестве с ООО «ТОТАЛЗЕД» – российским производителем и поставщиком на отечественный рынок 3D-принтеров и аддитивных технологий изготовления изделий.

В содружестве кафедры ХТПП и ПК с компанией «ТОТАЛЗЕД» был создан первый в РТУ МИРЭА (МИТХТ) учебно-научный образовательный «Центр аддитивных полимерных технологий» (Центр АДПТ).

Аддитивная технология, или 3D-печать, появилась в 80-х годах прошлого столетия. В 1984 году Чарльз Халл разработал технологию послойного спекания фотополимеризующегося композитного материала – стереолитографию, в 1986 году К. Декарт и Дж. Биман запатентовали метод селективного лазерного спекания порошков, а в 1988 году у Ск. Крампа появилась абсолютно новая технология создания изделий путем послойного наплавления материала, получившая наибольшее распространение в промышленности.

В новом тысячелетии произошел резкий скачок в развитии этого направления, что связано с появлением на рынке компаний, производящих новое высокопроизводительное оборудование и «настольные» 3D-принтеры, внедрением «цифры» в технологические процессы производства изделий и расширением ассортимента материалов (металлы, керамика, полимеры и композиты на их основе) и изделий.

В настоящее время аддитивные технологии востребованы в наиболее прогрессивных отраслях промышленности: оборонно-промышленном комплексе, аэрокосмической и авиационной промышленности, машиностроении, автомобилестроении, приборостроении, электронике, судостроении, медицинской технике, строительстве и т.д.

Аддитивные технологии и производство имеют огромный потенциал для своего дальнейшего развития, основой которого является возможность производства готовых изделий сложной конфигурации и различного назначения.

Анализ сложившегося рынка аддитивных технологий показал, что уже сегодня до 2/3 промышленных лидеров применяют аддитивные технологии в производственных процессах, а к 2030 году более 2/3 всей изготавливаемой продукции в мире будет производиться с использованием комплектующих, изготовленных методами 3D-печати.

Аддитивные технологии, несомненно, эффективно дополняют существующие технологические процессы производства изделий, являясь самостоятельным технологическим направлением.

Наряду с традиционными технологиями переработки полимерных материалов и получения изделий (литье под давлением, экструзия, прессование, каландрование, вакуумформование, намотка, пултрузия и др.), АДТ будут способствовать дальнейшему техническому прогрессу.

Разработка аддитивных технологий – это комплексная задача, базирующаяся на основных фундаментальных законах физики, механики, математики, химии, материаловедения и использовании «цифры» в технологических процессах, которая включает:

- создание цифровых 3D-моделей проектируемых изделий из заданного материала;

- расчет комплекса физико-механических и других требуемых эксплуатационных характеристик изделий из заданного материала;
- создание компьютерных моделей и программ для послойного (или других видов) изготовления изделий;
- создание новых высокоэффективных конструкций 3D-принтеров с учетом конструкции изделий;
- создание эффективных полимерных материалов для 3D-печати (термопласты, реактопласты, фотополимеризующиеся, полимерные композиционные материалы и армированные пластики и т.д.);
- оценку комплекса технологических и эксплуатационных характеристик материалов и образцов полимерных изделий;
- разработку оптимальных технологий и режимов получения изделий разной конфигурации и типоразмеров из полимерных материалов и композитов (или других материалов);
- создание моделей и компьютерных программ управления технологическими процессами 3D-печати;
- оценку комплекса эксплуатационных характеристик изделий, полученных по аддитивным технологиям.

Российская инжиниринговая компания «ТОТАЛЗЕД» – один из ведущих производителей универсальных и промышленных 3D-принтеров и поставщик аддитивных технологий на отечественный рынок.

С 2014 года компания на основе комплексного подхода осуществляет профессиональное проектирование и производство оборудования для аддитивных технологий, создавая современные высокотехнологичные, надежные и доступные конструкции универсальных и промышленных 3D-принтеров различного назначения и возможностей.

Промышленные 3D-принтеры TOTAL-Z стали неотъемлемой частью развития современных АДТ, которые открывают широкие перспективы как в традиционных, так и в новых направлениях развития техники и индустрии.

Компания «ТОТАЛЗЕД» в своей деятельности руководствуется основными принципами:

- от идеи до реального воплощения АДТ и изготовления готовых изделий различных типоразмеров, конфигурации и назначения;
- сопровождение проекта на всех этапах его реализации;
- конструирование универсальных 3D принтеров и адаптирование моделей под конкретные задачи;
- пакетное программное обеспечение и сопровождение АДТ;
- осуществление 3D-печати всеми основными видами конструктивных термопластичных материалов и композитов на их основе;
- реализация высокотемпературной 3D-печати изделий из супертермостойких полимеров и композитов (полисульфоны, полисульфиды, полиимиды, полиэфирэфиркетоны и др.);
- оперативное гарантийное обслуживание и сопровождение производства;
- рациональная экономическая политика (стоимость ниже зарубежных аналогов).

3D-принтеры TOTAL-Z уже сегодня могут решить многие технологические задачи, связанные с изготовлением различных прототипов изделий, серийных моделей и деталей, от мельчайших до крупногабаритных.

Промышленные 3D-принтеры стали неотъемлемой частью развития современных технологий, которые открывают широкие перспективы как для традиционных, так и для новых направлений.

В 2015 году компания «ТОТАЛЗЕД» выпустила свою первую модель универсального 3D-принтера под маркой Anyform 250 и освоила выпуск линейки универсальных 3D принтеров Anyform 250-G3, а уже через год начала выпуск 3D-принтеров Anyform-PRO.

Компании «ТОТАЛЗЕД» в 2016 году было присвоено звание «Лучший отечественный производитель 3D-принтеров».

Впервые в 2017 году на созданных промышленных 3D-принтерах Anyform-PRO ver. 2 была произведена 3D-печать изделий промышленными высокотемпературными пластиками.

В результате модернизации и развития существующих моделей 3D-принтеров в 2018 году был налажен выпуск третьего поколения промышленных 3D-принтеров марки Anyform PRO ver.3.

Запуск новых линеек 3D-принтеров, работающих по новым технологиям 3D-печати, модернизация и развитие существующих моделей были продолжены в 2019–2020 годах.

Универсальные 3D-принтеры Anyform G3 TOTAL-Z предназначены для достаточно простого и недорогого прототипирования и выпуска штучной продукции и характеризуются одинаковым размером рабочего стола 250×250 мм и разной высотой рабочей камеры – от 250 до 550 мм (рис. 1).



Рис. 1. Универсальный 3D-принтер Anyform G3 TOTAL-Z.

Для промышленного производства компания «ТОТАЛЗЕД» предлагает модельный ряд 3D-принтеров серии Anyform PRO с размерами стола от 450×450 до 1200×650 мм и высотой рабочей камеры от 400 до 1200 мм, которые также можно использовать для 3D-печати изделий термостойкими полимерными материалами (рис. 2).



Рис. 2. Промышленный 3D-принтер серии Anyform PRO ver.3 TOTAL-Z.

Область печати 450×450×450 мм является оптимальной как для печати небольших изделий, так и для изготовления среднегабаритных образцов, причем возможно увеличение рабочей зоны печати до 500×500×500 мм.

Ассортимент, представленный серийной продукцией промышленных принтеров поколения ANYFORM PRO VER, включает промышленный FFF 3D-принтер, сочетающий в себе мобильность, компактность, достаточно большую рабочую область с возможностями высокотемпературной печати суперконструкционными пластиками, такими как полисульфоны, полисульфиды, полиимиды, полиэфирэфиркетоны и т. д. Температура рабочей камеры до 300°C и экструдера до 500°C позволяют осуществлять печать термостойких изделий всеми доступными для FFF пластиками от инженерных до суперконструкционных (PEEK, ULTEM 9085/1010, PEI, PSU, PC и др.).

Несомненный интерес вызывает конструкция 3D-принтера с двумя экструдерами с переключающимися независимыми головками, что позволяет печатать изделия как двумя материалами одновременно, так и использовать каждый из них по отдельности без перенастройки принтера.

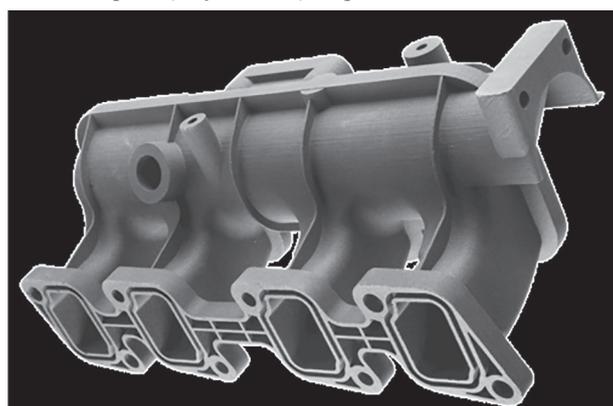
Для получения крупногабаритных изделий создан уникальный 3D-принтер Anyform 1200-PRO – вершина достижения в линейке промышленных 3D-принтеров TOTAL-Z с размером стола 1200×650 мм и высотой рабочей камеры 1200 мм (рис. 3).

Внутренняя рабочая камера принтера Anyform 1000-PRO размером до 1010×1010×1010 мм, закрытый корпус и подогреваемый до 130°C рабочий стол позволяют печатать изделия объемом более 1 м³ из широкого ассортимента инженерных пластиков (рис. 4).

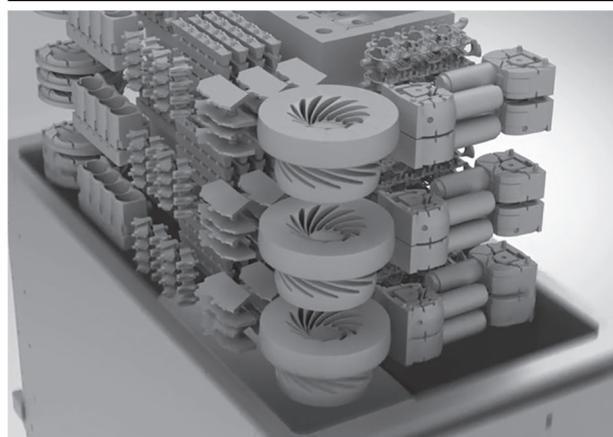


Рис. 3. АДТ крупногабаритного изделия из полимерных композитов на 3D-принтере TOTAL-Z.

Большие размеры и объемы крупногабаритных изделий существенно увеличивают время печати, и 3D-принтер должен работать в непрерывном режиме печати до пяти суток и более. В этом случае существенно возрастают требования к надежности бесперебойной работы 3D-принтеров, которая обеспечивается дополнительной комплектацией, размещением датчиков контроля процесса, системой для автоматической подачи и смены филаменты из пластика, видеоконтроля (на удалении) и др.



а



б

Рис. 4. АДТ моделей из полимерных пластиков (а) и для выплавляемых моделей (б).

За время работы с заказчиками и эксплуатации 3D-принтеров были отобраны и исследованы разные полимерные материалы и композиты и создана собственная линейка материалов для 3D-печати, представленная под маркой TOTAL:

- TOTAL-SAN-AIR – сополимер полистирола + 12 мас.% стекловолокна;
- TOTAL-TPU-CARBON – термопластичный полиуретан с 5 мас.% углеродного наполнителя;

- TOTAL-ABS-GLASS – ударопрочный АБС-пластик + 30 мас.% стекловолокна;
- TOTAL-TPU-GLASS – термопластичный полиуретан + 30 мас.% стекловолокна;
- TOTAL-PEEK – полиэфирэфиркетон + углеродный наполнитель.

Фундаментальная научная база для аддитивных технологий пока только еще формируется, и поэтому актуальной задачей для мирового научного сообщества остается изучение физико-химических и теплофизических процессов, формирования и устойчивости структуры материала, нахождение связи технологических параметров со свойствами изделий из различных материалов, включая полимеры и полимерные композиты.

В основу развития кафедры ХТПП и ПК положены основные принципы: *инновации* → *интеграции* → *инвестиции*!

Развитие инновационных технологий на кафедре ХТПП и ПК в области переработки полимерных материалов и композитов в изделия сложной конфигурации в последние годы было направлено на аддитивные технологии, учитывая их уникальность в сравнении с традиционными методами переработки.



Рис. 5. 3D-печать изделий из полимерных композиционных материалов на универсальном 3D-принтере Anyform G3 TOTAL-Z на кафедре ХТПП и ПК.

Постановка проектирования и конструирования изделий из полимеров и ПКМ на кафедре ХТПП и ПК на более высокий уровень с применением современных программных продуктов и компьютерной техники с созданием трехмерных моделей является основой для первого уровня разработки АДТ.

Интеллектуальный потенциал и научно-экспериментальная база кафедры ХТПП и ПК позволяют разрабатывать специально под АДТ полимерные материалы и композиты, проводить оценку комплекса их технологических свойств (реология, дилатометрия, ДСК, релаксационная спектрометрия, теплофизика и т.д.), оптимизировать составы и построение как дисперсной, так и армированной структуры ПКМ, которая определяет эксплуатационные характеристики изделий.

На перерабатывающем оборудовании кафедры (смесители различных типов, смеситель Бранднера, одно- и двухшнековые экструдеры, дисковый экструдер, вальцы, пропиточные установки и т.д.) можно получать ПКМ на основе смесей полимеров, дисперсно-наполненные ПКМ и армированные пластики разных составов и структуры с комплексом различных технологических и эксплуатационных свойств.

Комплекс физико-механических и теплофизических характеристик полимерных материалов и изделий, полученных по АДТ, можно определить на испытательном оборудовании кафедры ХТПП и ПК (разрывные машины, Instron, теплостойкость, ударная вязкость и др.).

Таким образом, на кафедре ХТПП и ПК имеется достаточная материально-техническая база для решения материаловедческих задач и высококвалифицированный коллектив ученых-преподавателей, способных решать в комплексе научно-технологические проблемы АДТ.

Интеграция и объединение творческого, технологического и материально-технического потенциалов стратегических партнеров – российского производителя 3D-принтеров ООО «ТОТАЛЗЕД» и кафедры химии и технологии переработки пластмасс и полимерных композитов – несомненно, будет полезным и приведет к эффективному взаимодействию в рамках заключенного договора о сотрудничестве.

Востребованность специалистов в области АДТ выдвигает на первый план задачу по подготовке высококвалифицированных кадров.

Создание учебно-научного образовательного «Центра АДПТ» в РТУ МИРЭА на кафедре ХТПП и ПК совместно с компанией «ТОТАЛЗЕД» направлено на открытие нового направления обучения студентов (до 100 чел. ежегодно) в РТУ МИРЭА. Проведение лабораторных и научно-исследовательских работ в области аддитивных полимерных технологий, прохождение практики на площадках компании «ТОТАЛЗЕД» позволит осуществить подготовку кадров по АДТ для отечественной промышленности.

Научно-исследовательские работы будут направлены на совместное решение важных технологических задач и комплексное рассмотрение вопросов по разработке аддитивных технологий.

Инвестиционная политика по организации, комплектации «Центра АДПТ» и развитию данного направления включает в себя поставку различных 3D-принтеров TOTAL-Z, выделение кафедрой ХТПП и ПК площадей, технологического оборудования и приборной базы под АДПТ, а также создание учебно-методической и лабораторной базы для обучения и подготовки кадров.

Компания «ТОТАЛЗЕД» поставила на кафедру ХТПП и ПК специальный 3D-принтер, а также планирует предоставить высокотемпературный 3D-принтер до 500°C для проведения совместных работ.

Специально для организации технологии получения филаменты из полимерных материалов и композитов РТУ МИРЭА выделил на кафедру ХТПП и ПК необходимые средства для приобретения технологической экструзионной линии, включающей одношнековый экструдер, калибрующее устройство, охлаждающую ванну, намоточное устройство и т.д.

Разработана компьютерная версия помещения «Центра АДПТ» и его комплектация по основному и вспомогательному оборудованию, мебели и другому оборудованию для обеспечения учебной и научной работы «Центра АДПТ».

В дальнейшем для организации полного комплекса работ «Центра АДПТ» планируется привлечение других специализированных кафедр РТУ МИРЭА, обеспечивающих компьютерное моделирование и конструирование изделий из полимерных материалов, разработку компьютерных программ для 3D-принтеров и т.д.

«Центр АДПТ» должен стать эффективной платформой для подготовки и переподготовки кадров в области аддитивных полимерных технологий, и этому будет способствовать содружество ведущего производителя отечественных 3D-принтеров компании «ТОТАЛЗЕД» и кафедры химии и технологии переработки пластмасс и полимерных композитов МИРЭА – Российский технологический университет (Институт тонких химических технологий имени М. В. Ломоносова).

АДПТ на кафедре ХТПП и ПК в РТУ МИРЭА открывают широкие перспективы в области подготовки кадров для промышленности и развития отрасли переработки полимерных и композиционных материалов.