

## Материалы для 3D-печати: реферативный обзор патентов

*Олег Фиговский, Нелли Бланк*

*Israel Association of Inventors, Haifa, Israel*

**Аннотация:** В мире новых технологий 3D-печать стала одним из наиболее инновационных направлений. Запатентовано в мире 2614 патентов результатов по материалам для 3D-печати. Анализ патентной активности компаний показывает, что General Electric подала больше всего патентов на 3D-печать.

**Ключевые слова:** материалы для 3d-печати, обзор патентов.

Основная цель технологий аддитивного производства — обеспечить производство высокопроизводительных, более совершенных деталей и компонентов. Таким образом, разработка новых и более совершенных материалов является основным элементом в развитии технологий АМ. Это происходит в обоих направлениях: разработка и оптимизация современных материалов для 3D-печати позволяет ускорить обработку и создавать более сложные детали; в то же время развитие процессов 3D-печати зависит от оптимизации все более совершенных материалов для более высокопроизводительных деталей. В целом, под передовыми материалами в отрасли понимают все материалы, находящиеся на грани материаловедения. К ним относятся композиты, высокопроизводительные полимеры, высокотемпературные металлы и техническая керамика.

В мире производства и технологий 3D-печать стала одним из самых инновационных и захватывающих направлений. Благодаря своей способности создавать сложные конструкции и прототипы с высокой скоростью и точностью 3D-печать производит революцию в отраслях по всему миру. Ожидается, что в 2024 году эта технология достигнет новых высот благодаря достижениям в таких материалах, как нить и смола PLA, а также улучшениям в возможностях 3D-принтеров. Одной из основных тенденций, которая может сохраниться в 2024 году, является более широкое использование металлических материалов в 3D-печати. Металлическая 3D-печать набирает обороты благодаря своей способности производить прочные, долговечные детали, которые могут выдерживать высокие температуры и давление. Это делает ее идеальной для таких отраслей, как машиностроение, медицина, аэрокосмическая промышленность, автомобилестроение и военная промышленность, и мы ожидаем увидеть еще больше отраслей, работающих с этими материалами в этом году, включая ювелирную промышленность.

Область материалов для 3D-печати с металлическим наполнителем стремительно развивается, при этом для создания высокопрочных, долговечных деталей используются различные металлы. Одним из наиболее распространенных металлов, используемых в 3D-печати, является титан,

известный своей прочностью и малым весом, что делает его идеальным для аэрокосмической и автомобильной промышленности. Нержавеющая сталь является еще одним популярным выбором из-за своей коррозионной стойкости и долговечности, часто используемым в промышленных и медицинских целях. Алюминий, известный своей легкостью и теплопроводностью, также часто используется, особенно в автомобильной и электронной промышленности.

Композиты, используемые в АМ, в основном представляют собой композиты из углеродного волокна, стекловолокна или кевлара в термопластичной матрице (в отличие от традиционных композитов, которые находятся в термореактивной матрице). Они могут быть доступны в виде порошков, гранул или нитей, а также обычно используемых рубленых волокон (хотя технологии, способные производить композиты из непрерывного волокна методом аддитивного производства, находятся в стадии разработки). Однако определение композитов чрезвычайно широко и может распространяться на металлические композиты, полимерно-керамические композиты и даже металлокерамические композиты.

Передовые материалы в АМ также включают высокопроизводительные полимеры, особенно РЕЕК, РЕКК и РЕИ (ULTEM). Это высокотемпературные, устойчивые к высоким напряжениям термопластики, которые плавятся при температуре 400 °С. Ожидается, что возможность 3D-печати с использованием этих материалов для ряда медицинских и металлозамещающих промышленных применений значительно повысит спрос на аддитивное производство. Передовые материалы в керамической 3D-печати представлены в основном технической керамикой, такой как оксид алюминия, диоксид циркония и другие неоксидные и керамические материалы на основе кремния, такие как карбид кремния и нитрид кремния. Эти материалы обладают практически непревзойденными свойствами с точки зрения термостойкости, прочности и легкости, однако их трудно формовать с использованием традиционных технологий. Вот почему они считаются особенно актуальными для будущего АМ.

Мы нашли много различных материалов для запатентованных технологий 3D-печати. Около 2614 результатов найдено в базе данных Worldwide для: материалов для 3D-печати — см. ниже.

US2024269930 (A1)

В настоящем патенте раскрыт процесс 3D-печати материалом с низкой вязкостью для производства 3D-печатного изделия, причем процесс включает следующие этапы: а) предоставление программного обеспечения для перемещения печатающей головки относительно печатаемого изделия; б) перемещение печатающей головки относительно печатаемого изделия в соответствии с программным обеспечением, так что изделие печатается

---

послойно в нескольких слоях, каждый из которых имеет область изделия; с) по крайней мере для некоторых слоев печать первого материала только на первой части области изделия и печать второго материала только на второй части области изделия, отличной от первой области; и при этом первый материал является самоподдерживающимся, чтобы обеспечить ограждение для второго материала, который является материалом с низкой вязкостью, по существу не самоподдерживающимся, при первоначальной печати, который предпочтительно является самособирающимся материалом, образующим самоподдерживающееся изделие после созревания, так что первый поддерживающий материал затем может быть удален при необходимости.

#### US2024272613 (A1)

Метод, система и компьютерный программный продукт генерируют план размещения для печати трехмерных (3D) объектов и предоставляют план размещения контроллеру 3D-принтера. Генерация плана размещения включает получение на компьютеро-реализуемом модуле проектирования виртуальной модели, представляющей объекты, и выбор материала объекта для печати объектов. Генерация плана размещения также включает в себя, с помощью модуля проектирования, выбор на основе материала объекта и виртуальной модели изоляционного материала, который должен быть нанесен на смежные поверхности объектов, и создание виртуальной модели расположения объектов и изоляционного материала. Контроллер 3D-принтера дает команду 3D-принтеру на печать расположения объектов и изоляционного материала в соответствии с планом размещения.

#### US2024257447 (A1)

Способ создания трехмерной (3D) печати включает в себя изменение множества цифровых материалов 3D цифровой модели с измененным освещением для создания 3D цифровой модели с измененными материалами на основе множества моделируемых характеристик; изменение одного или нескольких параметров модели 3D цифровой модели с измененными материалами для создания 3D цифровой модели с измененными параметрами; и преобразование взаимодействия между измененным цифровым освещением и измененным цифровым материалом в 3D цифровой модели с измененными параметрами для создания преобразованной 3D цифровой модели.

#### US2024208142 (A1)

В настоящем патенте представлены процессы трехмерной (3D) печати, аппараты, программное обеспечение, устройства и системы для производства по крайней мере одного 3D-объекта, напечатанного в цикле печати. Например, 3D-принтер. описанный здесь 3D-принтер может способствовать безопасной и точной печати 3D-объектов, например, при создании из реактивных исходных материалов. 3D-принтер (например, включающий камеру обработки или модуль сборки) может сохранять требуемую (например, инертную) атмосферу вокруг

---

слоя материала и/или 3D-объекта во время печати, например, в нескольких циклах 3D-печати. 3D-принтер может включать один или несколько модулей сборки, которые могут иметь контроллер, отдельный от контроллера камеры обработки. 3D-принтер может включать платформу, которая может быть автоматически сконструирована. 3D-печать может происходить в течение длительного времени (например, много слоев и/или один или несколько циклов печати) без вмешательства оператора и/или простоя

#### CN118206366 (A)

Изобретение раскрывает способ приготовления широкополосной волнопрозрачной керамической детали специальной формы, содержащей микроструктуру, и относится к технической области волнопрозрачной керамики. Решена проблема, заключающаяся в том, что согласно существующему способу 3D-печати широкополосная волнопрозрачная деталь специальной формы с консольной структурой с большим углом наклона трудно напечатать через многофазный волнопрозрачный керамический материал в 3D-режиме. Способ включает следующие этапы: 1 взвешивание сырья; 2 подготовка керамического сырья для 3D-печати; 3 3D-печать и 4 обезжиривание и спекание. Способ используется для приготовления широкополосной волнопрозрачной керамической детали специальной формы, содержащей микроструктуру.

#### EP4414158 (A2)

Настоящее изобретение относится к способу изготовления трехмерных (3D) объектов с использованием системы аддитивного производства, в которой материал детали содержит полимерный компонент, содержащий по меньшей мере один полимер поли (эфирэфиркетон) (PEEK) со среднемолекулярной массой ( $M_w$ ) в диапазоне от 75 000 до 100 000 г/моль (как определено с помощью ГПХ), например, в форме нитей или сферических частиц, для использования в системах аддитивного производства для печати 3D-объектов.

#### CA3182227 (A1)

Изобретение касается способа изготовления невспененной нити. Способ включает этапы: а) предоставления по меньшей мере одного полимерного материала и вспенивающего агента с заданной температурой начала активации, причем полимерный материал имеет температуру плавления и обработки ниже температуры начала активации вспенивающего агента, б) смешивания расплава полимерного материала и вспенивающего агента при температуре выше температуры плавления полимерного материала и ниже температуры начала активации вспенивающего агента, чтобы сформировать смесь, содержащую полимерный материал и вспенивающий агент, причем смесь плавится до тех пор, пока указанная смесь не образует расплавленную композицию на основе полимера, в) одновременно с этапом б) экструдирования указанной

---

расплавленной композиции на основе полимера для формирования нитей. Использование разработанных нитей обеспечивает 3D-печать легких деталей с уменьшением веса до 80%. Эта технология улучшает текучесть материала на этапе 3D-печати, и можно печатать на 3D-принтере средние и высоковязкие сорта. Это позволяет использовать более высокие значения высоты слоя, что приводит к сокращению времени печати и снижению конечной стоимости производства.

#### CN117969216 (A)

Изобретение раскрывает способ подготовки образца горной породы столбчато-сочлененной горной массы на основе 3D-печати, и способ включает следующие этапы: получение геометрических характеристик столбчато-сочлененной горной массы и построение столбчато-сочлененной сетевой модели и цилиндрической модели на основе геометрических характеристик; после сегментации цилиндрической модели получается цилиндрическая сочлененная горная масса трехмерной модели в сочетании с цилиндрической сочлененной сетевой моделью, и генерируется информация для печати; и на основе информации для печати используется принтер с двумя соплами для печати образца, отпечатанный образец подвергается обработке отжигом, и подготовка образца горной породы столбчато-сочлененной горной массы завершается. Технология 3D-печати используется для подготовки образца горной породы столбчато-сочлененной горной массы, способ работы прост, образец прозрачен или полупрозрачен и хорошо виден, образец формируется за один раз, и по сравнению с традиционными смоляными и пластиковыми материалами, принятыми в 3D-печати методом наплавления, механические свойства образца ближе к реальным свойствам горного материала. Между тем, метод является экологически чистым и ресурсосберегающим.

#### US2024131794 (A1)

В настоящем патенте представлены способы изготовления формы, включающие: (a) применение одного или нескольких входных параметров для определения влияния на ограничения процесса при изготовлении сплошной сетки; (b) печать блока микроструктурированного материала; (c) определение пористости блока; (d) определение возможности печати микроструктурированного материала; (e) определение параметров архитектуры формы на основе входных параметров сплошной сетки; (f) печать формы, в которой возможность заключается в возможности печати сплошной сетки без засорения сплошной сетки; в которой, если микро структурированный материал оказывается невозможным на этапе (d), входные параметры сплошной сетки корректируются, а этапы (b)-(d) повторяются.

#### US2024131800 (A1)

В настоящем патенте раскрыто вычислительное устройство, включающее контроллер. Контроллер должен получать доступ к данным печати

---

виртуального объема сборки, включая 3D-объект, который должен быть сгенерирован 3D-принтером; изменять данные печати для включения 3D-структуры в местоположении внутри объема сборки для инкапсуляции количества строительного материала; получать данные о деградации порошка, соответствующие деградации порошка инкапсулированного количества строительного материала; и калибровать параметр аддитивного производства на основе данных о деградации порошка.

#### WO2024081403 (A1)

Термостабильная водорастворимая полимерная композиция включает по меньшей мере один водорастворимый полимер и по меньшей мере один армирующий наполнитель. Термостойкие водорастворимые полимерные композиции, включающие по меньшей мере один водорастворимый полимер и по меньшей мере один армирующий наполнитель, могут решать несколько проблем аддитивного производства: такие композиции могут растворяться или распадаться в воде при нейтральном pH, могут быть совместимы как с гидрофильными, так и с гидрофобными полимерами и могут использоваться в качестве вспомогательного материала при температурах в камере сборки не менее около 180 °C, имеют модуль упругости при температурах в камере печати выше 1 x 10<sup>6</sup> Па и легко удаляются (растворяются/распадаются) после печати при этой температуре в камере сборки в течение не менее 24 часов. Все это может быть желательно, например, при 3D-печати высокотемпературными конструкционными термопластиками.

#### JР2024043226 (A)

Для обеспечения формовочного материала для 3D-принтера для изготовления формованного изделия, которое имеет биоразлагаемость, слабый запах и превосходное свойство прозрачности/обработки поверхности (свойство сглаживания и покрытия) и формуемость, и связанная с этим технология. РЕШЕНИЕ: В формовочном материале для 3D-принтера смешивают 70-80 масс.% ацетата целлюлозы и 20-30 масс.% пластификатора. Способ изготовления формовочного материала для 3D-принтера включает этапы: непрерывного распыления или периодического введения пластификатора при перемешивании гранулированного материала ацетата целлюлозы и формирования пластификатора в смесь; оставления смеси при нормальной температуре на 8 часов или дольше; и установки смеси при температуре вязкого течения и замешивания смеси.

#### JР2024043230 (A)

Для получения композиции ацетата целлюлозы, которая отличается превосходной механической прочностью и размерной стабильностью формованного изделия и подходит для формования крупногабаритного формованного изделия, а также методики ее применения. Решение: Композиция ацетата целлюлозы содержит, по отношению к 100 мас.ч. от общего количества

---

компонента смолы, состоящего из 60-85 мас.% ацетата целлюлозы (А) и 15-40 мас.% пластификатора (В), 5-80 мас.ч. наполнителя (С) титаната калия.

#### CN117777405 (A)

Изобретение раскрывает отверждаемую ультрафиолетом смолу для 3D-печати, отверждаемая ультрафиолетом смола для 3D-печати включает акрилатный светочувствительный преполимер, содержащий динамическую ковалентную связь, и олигомер, содержащий реактивный водород, структура акрилатного светочувствительного преполимера, содержащего динамическую ковалентную связь, представляет собой # imgabs0 #, R1 представляет собой # imgabs1 # R2 представляет собой водород или метил, а R2 представляет собой водород или метил. R представляет собой остаточную группу после того, как полиизоцианат теряет две NCO; изобретение также раскрывает способ получения и применения отверждаемой ультрафиолетом смолы для 3D-печати, и способ применения включает следующие этапы: (1) взятие отверждаемой ультрафиолетом смолы для 3D-печати в качестве сырья и приготовление отвержденного светом образца путем принятия отверждаемой светом 3D-печати; и (2) проведение термической обработки фотоотвержденного образца в среде 80-150 °С в течение 6-24 часов. Смола, предлагаемая изобретением, может сохранять высокий модуль в процессе печати, а после завершения печати смола становится низкомодульным материалом посредством простой последующей обработки, так что проблема, заключающаяся в том, что материал со сверхнизким модулем неудобен для печати, решается, и выход печати низкомодульного материала значительно улучшается.

#### WO2024182309 (A1)

3D-принтеры выполняют аддитивное производство путем нанесения нагретого материала (обычно пластика) на поверхность из сопла принтера. Этот пластик может иметь множество форм, включая нить и гранулы, и не все типы головок 3D-принтера подходят для печати всеми типами пластика. Более того, некоторые материалы больше подходят для 3D-печати с определенными разрешениями. В настоящем патенте описаны варианты головки 3D-принтера с несколькими типами печатающих головок, сконфигурированных на одной головке. Благодаря использованию различных печатающих головок, которые печатают материалами различной грубости и тонкости, одна головка может печатать с использованием нескольких различных материалов с различными разрешениями 3D-печати. Она также обладает механизмом против просачивания для уменьшения ошибок во время печати и выдвигает или убирает определенные печатающие головки, когда они не используются во время 3D-печати.

#### US2024083117 (A1)

Метод печати многокомпонентной детали послойным способом с помощью 3D-принтера на основе экструзии включает предоставление цифровой модели

---

многокомпонентной детали, разделенной на слои, и определение количества материалов в каждом из слоев цифрового режима. Метод включает использование цифровой модели башни продувки, имеющей  $N$  подразделений, имеющих замкнутую геометрию, где  $N$  — это количество печатающих головок, необходимых для печати детали, которая больше или равна трем, каждое соседнее подразделение контактирует друг с другом вдоль интерфейса и назначает каждую печатающую головку одному подразделению и траекториям инструмента, формирующим одно подразделение в каждом слое. Метод включает переназначение назначенного подразделения в башне продувки неактивной печатающей головки в слое печатающей головке, которая активна в слое многокомпонентной детали.

#### US2024051229 (A1)

Настоящее изобретение относится к трехмерному устройству формирования изображения (3D-принтеру), имеющему блок печатающей головки с несколькими пассивными микроразмерными соплами, где пассивные микроразмерные сопла также интегрированы с материальными интерфейсами. Блок печатающей головки содержит механизм захвата сопла для захвата указанного пассивного микроразмерного сопла, механизм подачи нити или стержня для подачи материала и нагревательный механизм, предназначенный для бесконтактного регулирования нагрева нижней части указанного пассивного микроразмерного сопла. Также раскрыт способ печати трехмерного объекта из нескольких материалов с использованием инновационного трехмерного устройства формирования изображения, имеющего печатающую головку с несколькими пассивными соплами. Трехмерное устройство формирования изображения способно обеспечивать различные типы материалов, а также различные цвета материалов для создания трехмерного объекта.

#### US2024033821 (A1)

Настоящее изобретение относится к трехмерной печати с использованием металла(ов) и композитных металлических материалов. Описывается способ 3D-печати объекта с использованием композитных металлических материалов, который изготавливается с использованием по меньшей мере двух типов материалов, таких как металл и металлические сплавы. Распечатанный 3D-объект подвергается термической обработке после печати для преобразования композитных металлических материалов в сплавы металлов. Также раскрываются композитные металлические материалы и 3D-принтер с печатающей головкой для подачи композитных металлических материалов. Материал с низкой температурой плавления (LTM) и металлический порошок с высокой температурой плавления (HTMP) используются для приготовления композитных металлических материалов. Раскрывается также аддитивный

---

процесс, который может быть использован для изготовления трехмерных объектов.

Сценарий патентов на 3D-печать настолько сложен, насколько это можно себе представить. 3D-печать не только является самой горизонтальной технологией из существующих, с конкретными патентоспособными приложениями практически в каждом сегменте производства, но и охватывает несколько технологических областей, включая механику (аппаратное обеспечение), ИТ (программное обеспечение и автоматизация) и материаловедение. Кроме того, запатентовать можно не только технологии 3D-печати, но и все, что сделано с помощью 3D-принтера, но не было сделано ранее (и большинство вещей никогда ранее не делалось с помощью 3D-принтера). Наконец, 3D-печать можно использовать для легкого копирования запатентованных (и защищенных авторским правом) продуктов, что еще больше усложняет правовой ландшафт.

Отчет IPlytics рассматривает аддитивное производство и 3D-печать с точки зрения интеллектуальной собственности, снова демонстрируя, что патенты на технологии 3D-печати растут. Чтобы идентифицировать патенты, связанные с 3D-печатью, база данных платформы IPlytics провела обширный поиск ключевых слов по всем поданным во всем мире патентам в области технологий 3D-печати. Поиск был основан на содержании патента с использованием современных методов стемминга и семантического индексирования. В период с 2007 по 2019 год анализ выявил 95 302 патента и 43 718 патентных семейств (уникальных патентов в базе данных INPADOC), имеющих отношение к 3D-печати. Затем в отчете определяются крупнейшие держатели патентов (спойлер: больше всего у GE, HP на втором месте) и страны, в которых было подано больше всего патентов (спойлер: на первом месте США). Анализ патентной активности компаний показывает, что General Electric подала больше всего патентов на 3D-печать в электроэнергетической отрасли во втором квартале 2024 года. Компания подала 8 патентов, связанных с 3D-печатью, за квартал по сравнению с 3 в предыдущем квартале. За ней следует GE Vernova с 5 патентными заявками на 3D-печать, RTX (5 заявок) и Eaton Corporation (4 заявки). Многие патенты принадлежат также китайским и японским компаниям.

**Дата поступления: 29.08.2024**

**Дата публикации: 01.10.2024**