

Студенты гр.: 10402129 Мельников Р.С., Славиковский М.С.,  
гр. 10402120 Дешко Г.Д.

Научный руководитель – Липницкий А.С.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Последние несколько лет 3D-печать (рисунок 1) металлом активно набирала популярность. И это вполне естественно: каждый материал предлагает уникальное сочетание практических и эстетических качеств, может подходить для широкого круга изделий, прототипов, и даже функциональных высокопрочных деталей. Причина, по которой 3D-печать металлом стала столь популярной, заключается в том, что напечатанные объекты можно выпускать серийно.



Рисунок 1 – 3D печать

На самом деле, некоторые из напечатанных деталей так же хороши (если не лучше), как и те, которые изготавливаются традиционными способами. При традиционном производстве работа с пластиком и металлом может оказаться довольно ресурсозатратной – появляется масса отходов, используется немало лишнего материала. 3D-напечатанные металлические детали требуют меньше энергии, а количество отходов сокращается до минимума. Немаловажно и то, что конечный напечатанный 3D-продукт оказывается до 60 % легче традиционной детали.

Металлическая 3D-печать в промышленности.

В настоящее время при 3D-печати работают со следующими металлическими материалами:

Алюминий, сталь, латунь, медь, бронза, стерлинговое серебро, золото, платина, титан (Ti64 или TiAl4V), суперсплав инконель и комбинированный сплав кобальт-хром.

Причина, по которой крупные компании так полюбили 3D-печать, заключается в том, что на ее основе можно построить полностью автоматизированные линии, выпускающие «топологически оптимизированные» детали. Это означает, что появляется возможность точно выделять исходные материалы и делать компоненты толще лишь в том случае, если они должны выдерживать большие нагрузки. В целом масса деталей существенным образом уменьшается, а их структурная целостность при этом сохраняется. Детали, полученные на 3D принтерах из различных материалов представлены на рисунке 2.



Рисунок 2 – Детали, полученные на 3D принтерах из различных материалов

#### Металлическая 3D-печать. Применения.

Есть несколько отраслей, в которых уже применяются 3D-принтеры. Зачастую подобным способом изготавливают, делали касательно авиапромышленности (рисунок 3), отдельные детали прессов или полноценных ферм, для изготовления которых раньше приходилось использовать различные виды сварки.

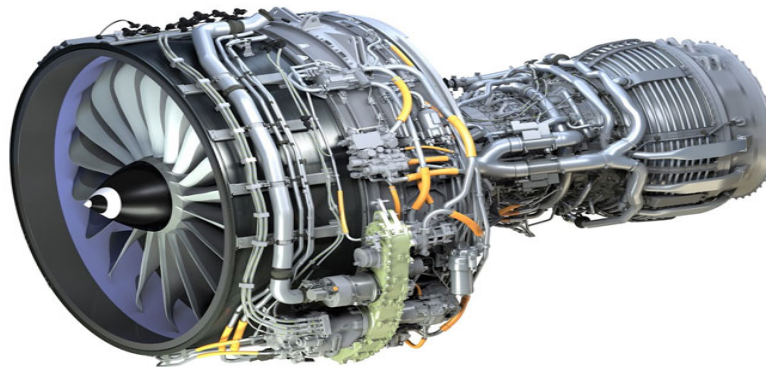


Рисунок 3 – Детали авиадвигателя GE LEAP, напечатанные на 3D-принтере  
Большинство процессов 3D-печати металлом начинается с «атомизированного» порошка (рисунок 4).



Рисунок 4 – «Атомизированный» порошок для процессов 3D-печати металлом

Детали, выполненные по технологии DMLS, имеют механические свойства, эквивалентные литью.

3D-напечатанный металл может иметь разное разрешение. При самом высоком разрешении толщина слоя составляет 0,0008-0,0012".

Процессы металлической 3D-печати.

Процесс металлической 3D-печати №1:

Powder Bed Fusion (расплавление в заранее сформированном слое).

Процесс металлической 3D-печати, который сегодня применяется большинством соответствующих крупных компаний, называется Powder Bed Fusion. Это название указывает на

то, что некий источник энергии (лазер или другой энергетический пучок) расплавляет «атомизированный» порошок (т.е. такой металлический порошок, который тщательно измельчен на сферические частицы), в результате чего получают слои печатаемого объекта.

Процесс металлической 3D-печати №2:

Binder Jetting (разбрызгивание связующего вещества).

При 3DP-технологии ExOne металлические объекты печатаются за счет связывания порошка перед его обжигом в горне.

Другой профессиональный подход, при котором также применяется порошковая основа, называется Binder Jetting. В этом случае слои формируются за счет склеивания металлических частиц и дальнейшего их спекания (или сплавления) в высокотемпературном горне – точно так же, как это делается с керамикой.

Еще один вариант, который тоже похож на работу с керамикой, это замешивание металлического порошка в металлическую пасту. 3D-принтер с пневматическим экструдированием (похожий на шприцевый биопринтер или недорогой пищевой принтер) формирует 3D-объекты. Когда требуемая форма достигнута, объект отправляется в печь, т.е. в горн. Этот подход применяется в Mini Metal Maker.

Процесс металлической 3D-печати №3:

Metal Deposition (нанесение слоя металла).

Обычно весь процесс идет в закрытой камере, но в проекте MX3D при строительстве полноразмерного моста использованы приемы привычной 3D-печати. Другой вариант наплавления металла называется EBAM (Electron Beam Additive Manufacturing – аддитивная технология электронного пучка).

Металлическая 3D-печать. Принтеры.

Металлический 3D-принтер №1:

Sciaky EBAM 300 – печать металлическим филаментом.

Самый крупный из серийных принтеров Sciaky – это EBAM 300. Он печатает объекты в объеме 5791×1219×1219 мм.

EBAM 300 является также одним из самых быстрых промышленных 3D-принтеров. Трехметрового размера титановая деталь печатается на нем за 48 часов, при этом расход материала составляет около 7 кг в час. Кованные детали, на которые обычно уходит 6-12 месяцев, на этом 3D-принтере могут быть сделаны за 2 дня.

Металлический 3D-принтер №2:

Fabrisonic UAM – ультразвуковая 3D-печать.

Другой способ печати крупных металлических деталей – UAM (Ultrasound Additive Manufacturing Technology – ультразвуковая аддитивная технология). Аппараты этой фирмы представляют собой трехосные фрезы с ЧПУ, к которым добавлены сварочные головки для аддитивности процесса. Металлические слои сначала разрезаются, а потом свариваются ультразвуком. Самый большой принтер Fabrisonic 7200 работает в объеме 2×2×1,5 м.

Металлический 3D-принтер №3:

Concept Laser XLine 1000 – 3D-печать металлическим порошком.

В этом оборудовании задействовано два лазера, а рабочий объем составляет 800×400×500 мм. Используется лазерная технология LaserCUSING (вариант селективного лазерного сплавления) от Concept Laser, которая позволяет печатать сплавами стали, алюминия, никеля, титана, благородных металлов и даже некоторыми чистыми веществами (титан и высоколегированная сталь).

В заключение следует сказать, что в настоящее время, производство каких-либо деталей для той или иной промышленности посредством 3D печати находится в стадии постоянного прогресса. С развитием технологии и модернизации существующего оборудования процесс печатного 3D моделирования становится все более совершенным, позволяющим создавать изделия повышенной твердости достигая 60 и даже 90 HRC.