

### 3D-печать ответственных деталей изделий машиностроения

Студенты гр. 10402129: Мельников Р.С., Славиковский М.С.

Научный руководитель – Зеленин В.А.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Традиционное производство деталей из пластиков и металлов методами литья, обработки давлением или резанием в ряде случаев довольно ресурсозатратно – появляется масса отходов, используется немало лишнего материала. 3D-напечатанные металлические детали требуют меньше затрат, а количество отходов сокращается до минимума. Немаловажно и то, что напечатанные 3D-детали оказываются до 60 % легче традиционных.

В связи с этим 3D-изделия активно набирают популярность. Причина заключается в том, что многие высокоточные по размерам детали сложной конфигурации можно выпускать серийно, например, вал-шестерни и венцы зубчатых колес (рисунок 1).



Рисунок 1 – Коническая зубчатая пара, полученная 3D-печатью

При 3D-печати используют следующие металлические материалы: алюминий, сталь, латунь, медь, бронзу, серебро, золото, платину, титан, инконель, кобальтохромовые сплавы и др. Основные группы материалов, из которых изготавливают изделия методом 3D-печати:

- нержавеющей стали (аустенитные, ферритные, мартенситные, дисперсно-упрочненные) с пределом прочности 0,4–2,0 ГПа;
- магнитномягкие сплавы и материалы с контролируемым коэффициентом температурного расширения (сплавы Fe, Ni и Co) с пределом прочности 0,4–1,3 ГПа;
- низколегированные (никель, кобальт) сплавы и углеродистые стали с пределом прочности 0,3–0,6 ГПа;
- материалы для имплантатов (кобальт-хром) с пределом прочности на уровне 650 МПа и прочностью на сдвиг 450 МПа;
- сплавы на основе меди (медь, бронза, монели).

На основе 3D-печати можно построить автоматизированные линии, выпускающие «топологически оптимизированные» детали, подбирая материалы для формирования градиентных по свойствам поверхностных слоев, выдерживающих большие нагрузки. Полости и перегородки в них, кроме снижения массы, повышают упругость и способность восстанавливать исходную форму и размеры при относительной деформации до 8–10 %. Масса деталей при этом существенно ниже, а способность выдерживать экстремальные нагрузки значительно увеличивается (рисунок 2).



Рисунок 2 – Топологически оптимизированная деталь, полученная 3D печатью

### **Применения 3D-печати деталей из металлов**

3D-принтеры применяются при изготовлении точных деталей машиностроения, отдельных деталей прессов и сложнопрофильных матриц, каркасов и ферм, для изготовления которых раньше использовали различные виды сварки.

Детали, выполненные по технологии 3D-печати, имеют механические свойства, эквивалентные полученным методом литья. 3D-напечатанный металл может иметь разное разрешение. При самом высоком разрешении толщина слоя составляет 0,02–0,03 мм [1].

#### **Процессы металлической 3D-печати**

##### **Powder Bed Fusion (расплавление в заранее сформированном слое).**

Процесс металлической 3D-печати, который сегодня применяется большинством 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.

##### **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) формирует 3D-объекты. Когда требуемая форма достигнута, объект отправляется в печь, т.е. в горн. Этот подход применяется в Mini Metal Maker [1].

##### **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.**

##### **Sciaky EBAM 300 – печать металлическим филаментом.**

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

ЕВАМ 300 является также одним из самых быстрых промышленных 3D-принтеров. Трехметрового размера титановая деталь печатается на нем за 48 ч, 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.

#### **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 свариваются ультразвуком. Принтер Fabrisonic 7200 работает в объеме  $2 \times 2 \times 1,5$  м.

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

В этом оборудовании задействовано два лазера, рабочий объем составляет  $800 \times 400 \times 500$  мм. Используется лазерная технология Laser CUSING (селективного лазерного сплавления) от Concept Laser, которая позволяет печатать сплавами алюминия, никеля, титана, благородных металлов, а также титаном и высокосортными сталями), рисунок 3 [2].

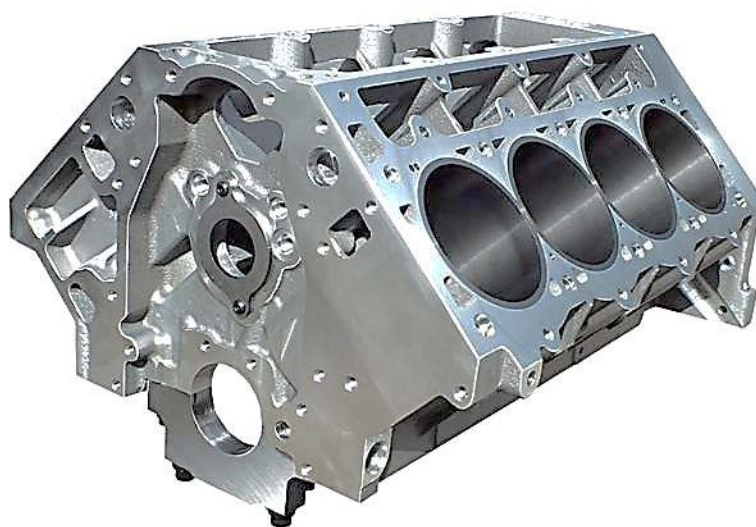


Рисунок 3 – Блок цилиндров ДВС, полученный на 3D-принтере

#### **Заключение**

В настоящее время производство деталей для промышленных изделий посредством 3D-печати находится в стадии интенсивного развития. С совершенствованием технологии и модернизации оборудования процесс 3D-моделирования становится все более совершенным, позволяющим создавать изделия с градиентными по структуре и свойствам поверхностными слоями, выдерживающими большие нагрузки. Полости и перегородки по толщине деталей придают им повышенную упругость и способность легко восстанавливать исходную форму и размеры при относительной деформации до 8–10 %. Масса деталей при этом существенным образом уменьшается, а их способность выдерживать экстремальные нагрузки значительно увеличивается. Все это свидетельствует о возможности создания технологии получения прецизионных изделий сложной геометрии, обладающих повышенными характеристиками ударной вязкости и прочности.

#### **Список использованных источников**

1 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://integral-russia.ru/2018/09/17/vse-o-3d-pechati-metallami-tehnologii-oborudovanie-materialy-i-novye-vozmozhnosti/>. – Дата доступа: 20.10.2021.

2 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://m.habr.com/ru/company/top3dshop/blog/400731/>. – Дата доступа: 20.10.2021.