



МНИАП

# Трёхмерная печать стальных изделий

2022



- Сталь - ключевой конструкционный материал. Поэтому возможность печатать на 3D принтере стальные изделия получит доступ на самый широкий рынок
- Ключевая проблема - обеспечение прочности изделий, сопоставимой или превышающей традиционные кованные или литые изделия. На сегодня, в большинстве случаев эта проблема решается
- Дополнительные преимущества 3D печати - это скорость изготовления отдельных деталей, возможность пересылки чертежей, уникальная возможность создания внутренних полостей в деталях и возможность печатать целые узлы как единое целое.



# Проблема прочности 3D изделий

- Детали, напечатанные на 3D принтере по технологии порошкового лазерного спекания имеют более мелкозернистую структуру, в сравнении с литыми изделиями это обеспечивает лучшую прочность на разрыв. Но, по остальным характеристикам литые изделия - пока прочнее.
- Для решения этой проблемы при конструировании печатных деталей используются другие подходы, максимально применяется возможность создавать сложные формы, пустоты и перемычки. Проблемой является то, что для расчета характеристик подобных деталей необходимы значительные вычислительные мощности, а также мало кадров, обладающих соответствующей квалификацией

# В настоящее время для трехмерной печати можно использовать все основные виды сталей, применяемых в промышленности

- Нержавеющие стали
- Инструментальные стали
- Низколегированные стали
- Конструкционные легированные стали

Уникальное преимущество трехмерной печати - это возможность использовать в одном изделии разные виды стали, а также невозможные для традиционных технологий композиты - например сталь-бронза

# Технологии печати металлами

- **Послойное наплавление (FDM)**

новая технология, адаптация печати пластиковой нитью для стали. Часто применяются композитные нити 80% металла и 20% пластика. После изготовления детали пластик может быть удален (деталь при этом дает усадку)

- **Экструзионная печать (BPE)**

Печать ведется смесью металлического порошка и связующего материала. Преимущество - меньшее, в сравнении с FDM количество связующего материала. Технология новая и пока не получила широкого распространения

# Технологии печати металлами

- **Селективное лазерное спекание (LPBF или SLM)**

Порошок спекается слой за слоем. На рынке широко представлены 3D принтеры, использующие эту технологию - разные размеры, мощность лазера и др. Эта технология обеспечивает наилучшее качество и широко используется для ответственных деталей, например в аэрокосмической промышленности.

- **Каплеструйная печать**

Слои металла соединяются с помощью жидкометаллического связующего, а не с помощью лазера. Метод обеспечивает очень высокую скорость печати и прочность изделий, сравнимую с литьем под давлением. Метод подходит для крупносерийного производства

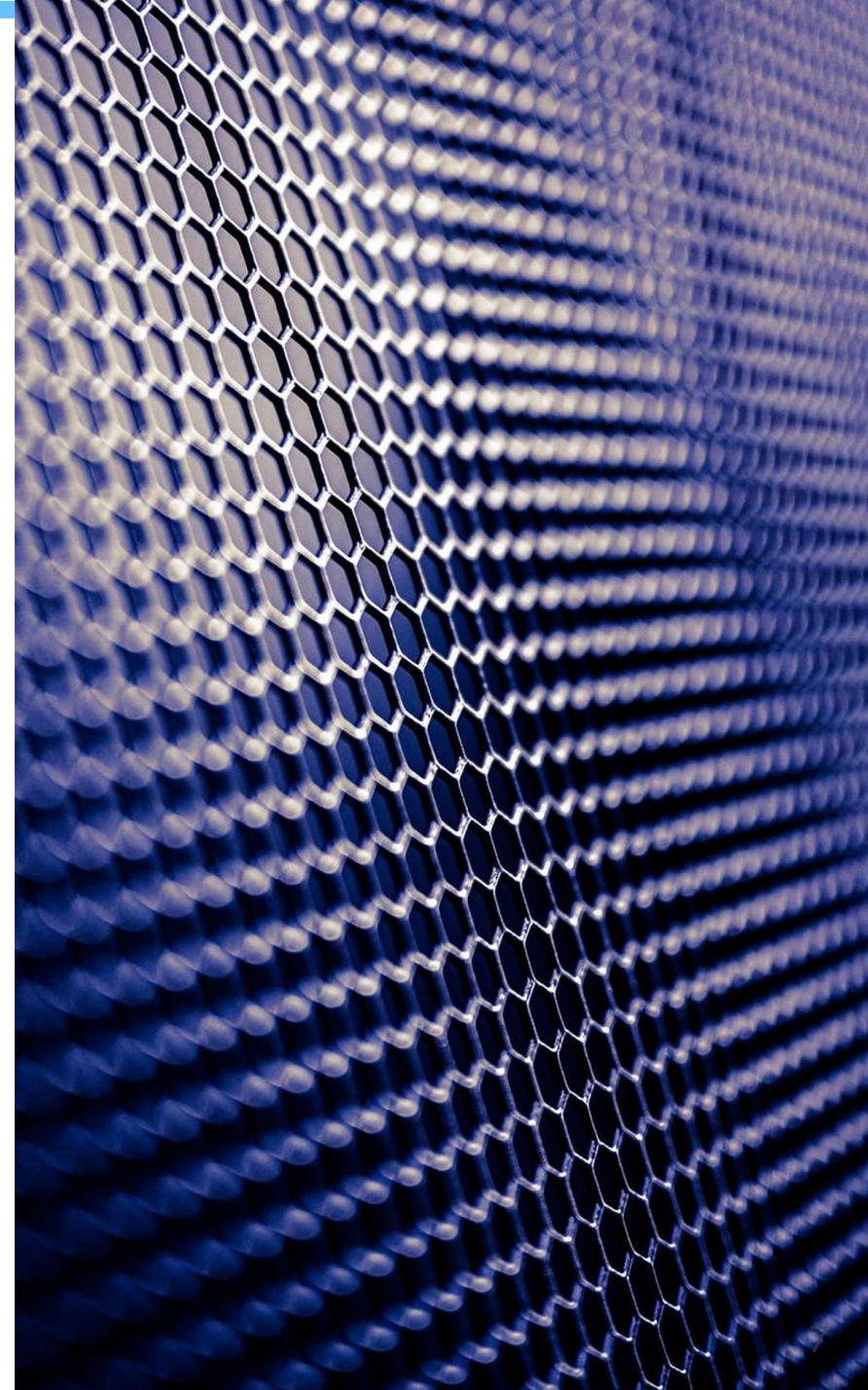
# Технологии печати металлами

- **Электронно-лучевое плавление (EBM)**

Электронный луч мощнее чем лазерный, но хуже фокусируется. Поэтому скорость изготовления изделий с помощью этой технологии - выше, но качество поверхностей - хуже. Также важно, что процесс идет в вакуумной камере, что удорожает оборудование, но защищает изделие от примесей и повышает качество. Хорошо подходит для ответственных деталей

- **Холодное распыление**

Подача металлического порошка производится с помощью сверхзвуковой газовой струи. Слипание частиц обеспечивает пластическая деформация при ударе. Обеспечивает большую в сравнении с высокотемпературной печатью прочность. Активно применяется в ремонтных работах



# Технологии печати металлами

- Печать с помощью сварочной проволоки (WAAM)

При этом методе вместо порошка используется сварочная проволока, расплавляемая электрической дугой. Работы могут осуществляться роботами - манипуляторами, хорошо подходят для ремонтных работ и производства крупногабаритных изделий, например для мостовых конструкций

- Литографическая печать (LMM)

Используется для производства микродеталей с очень высокой точностью.