

УДК 658.5

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Кулак И.В., старший преподаватель кафедры ИиАПС
Кузбасский государственный университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

В условиях рыночной экономики успешно работают и развиваются только предприятия, применяющие в своей деятельности современные технологии обработки металлов, позволяющие получать продукцию высокого качества с наименьшими затратами. К перспективным методам формообразования относятся технологии селективной лазерной плавки (Selective Laser Melting) и прямого лазерного спекания металлов (Direct Metall Laser Sintering).

Селективная лазерная плавка (SLM) и прямое лазерное спекание металла (DMLS) - это два процесса аддитивного производства металлов, которые относятся к семейству 3D-печати методом расплавления порошка. Различия между данными технологиями сводятся к основам процесса связывания частиц: SLM использует металлические порошки с единой температурой плавления и полностью плавит частицы, в то время как в DMLS порошок состоит из материалов с переменной температурой плавления, которые сливаются на молекулярном уровне при повышенных температурах.

Существуют также и другие процессы аддитивного производства, которые можно использовать для производства плотных металлических деталей, такие как электронно-лучевая плавка (EBM) и ультразвуковое аддитивное производство (UAM). Однако их доступность и возможности применения ограничены.

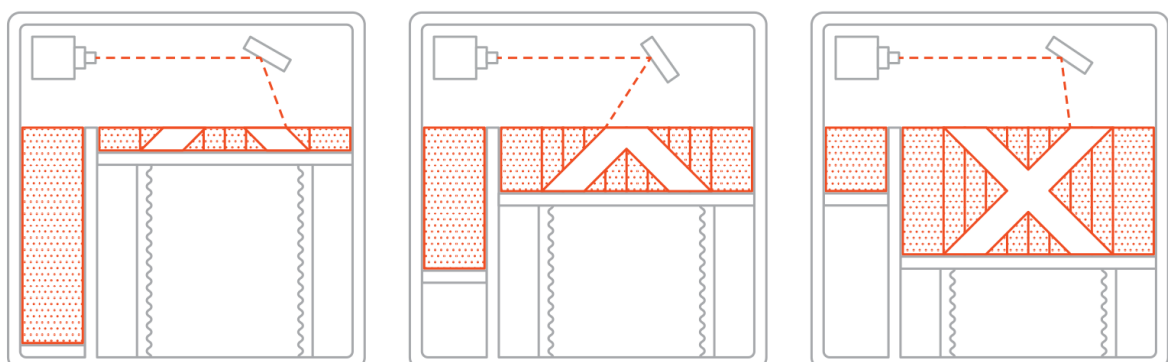


Рис.1. Процесс получения детали методами SLM и DMLS.

Базовый процесс изготовления методами SLM и DMLS схож и включает в себя следующую последовательность:

1. Камера сборки сначала заполняется инертным газом (например, аргоном), чтобы минимизировать окисление металлического порошка, а затем нагревается до оптимальной температуры сборки.

2. Тонкий слой металлического порошка распределяется по платформе сборки, и лазер высокой мощности сканирует поперечное сечение компонента, плавя (или наплавляя) металлические частицы вместе и создавая следующий слой.

3. Когда процесс сканирования завершен, строительная платформа перемещается вниз на толщину одного слоя, а устройство для повторного нанесения покрытия распределяет еще один тонкий слой металлического порошка. Процесс повторяется до тех пор, пока не будет завершена вся деталь.

В отличие от процесса сплавления полимерного порошкового слоя (такого как SLS), детали прикрепляются к платформе сборки через опорные конструкции. Опора изготавливается из того же материала, что и деталь, и всегда требуется для смягчения деформации и искажения, которые могут возникнуть из-за высоких температур обработки.

Когда бункер охлаждается до комнатной температуры, излишки порошка удаляются вручную, а детали обычно подвергаются термообработке, пока они еще прикреплены к платформе сборки, чтобы снять остаточные напряжения. Затем компоненты отделяются от рабочей пластины с помощью резки, механической обработки или электроэрозионной обработки и готовы к использованию или дальнейшей постобработке.

В методах SLM и DMLS почти все параметры процесса устанавливаются производителем оборудования. Высота слоя, используемого в 3D-печати металлом, варьируется от 20 до 50 микрон и зависит от свойств металлического порошка (текучесть, гранулометрический состав, форма и т. Д.).

Типичный размер сборки металлической системы 3D-печати составляет 250 x 150 x 150 мм, но также доступны машины большего размера (до 500 x 280 x 360 мм). Точность размеров, которую может достичь металлический 3D-принтер, составляет примерно $\pm 0,1$ мм.

Металлические принтеры могут использоваться для мелкосерийного производства, они ограничены доступной областью печати (направление XY), поскольку детали должны быть прикреплены к платформе сборки.

Металлический порошок в SLM и DMLS легко перерабатывается: обычно менее 5% теряется. После каждой печати неиспользованный порошок собирается, просеивается, а затем доливается свежим материалом до уровня, необходимого для следующей сборки. Отходы при печати на металле, тем не менее, представляют собой опорные конструкции, которые имеют решающее значение для успешного завершения сборки, но могут значительно увеличить количество необходимого материала.

При печати на металле всегда требуются опорные конструкции из-за очень высокой температуры обработки, и они обычно строятся с использованием решетчатого узора.

Поддержка 3D-печати металлом выполняет 3 разные функции:

- Они предлагают подходящую платформу для строительства следующего слоя.
- Они прикрепляют деталь к рабочей пластине и предотвращают деформацию.
- Они действуют как радиатор, отводящий тепло от детали и позволяющий ей охлаждаться с более контролируемой скоростью.

Получаемые металлические детали из SLM и DMLS обладают практически изотропными механическими и термическими свойствами, твердые, с очень небольшой внутренней пористостью (менее 0,2–0,5% в состоянии после печати и практически отсутствует после термической обработки). Металлические печатные детали имеют более высокую прочность и твердость и часто более гибкие, чем детали, изготовленные с использованием традиционного метода. Однако они более склонны к утомлению. Из-за гранулированной формы необработанного материала фактическая шероховатость поверхности (Ra) металлической детали, напечатанной на 3D-принтере, составляет примерно 6-10 мкм.

Поскольку стоимость печати на металле очень высока, 3D моделирование часто используется для прогнозирования поведения детали во время обработки.

SLM и DMLS могут производить детали из большого количества металлов и металлических сплавов, включая алюминий, нержавеющей сталь, титан, кобальт-хром. Эти материалы удовлетворяют потребности большинства промышленных применений, от аэрокосмической до медицинской. Стоимость металлического порошка очень высока. По этой причине минимизация объема деталей и необходимость поддержки являются ключом к поддержанию как можно более низких затрат.

Ключевым преимуществом металлической 3D-печати является ее совместимость с высокопрочными материалами, такими как никель или кобальт-хромовые суперсплавы, которые очень трудно обрабатывать традиционными методами производства.

Для улучшения механических свойств, точности и внешнего вида металлических печатных деталей используются различные методы постобработки. Обязательные этапы постобработки включают удаление рыхлого порошка и опорных конструкций, в то время как термическая обработка (термический отжиг) обычно используется для снятия остаточных напряжений и улучшения механических свойств детали. Обработка с ЧПУ может использоваться для критически важных деталей (таких как отверстия или резьба).

К основным преимуществам методов SLM и DMLS относятся:

- Процессы 3D-печати на металле можно использовать для изготовления деталей сложной формы, геометрию которых невозможно получить с помощью традиционных методов производства.
- Металлические детали, созданные методами SLM и DMLS, можно топологически оптимизировать, чтобы максимизировать их производи-

тельность при минимальном весе и общем количестве компонентов в сборке.

- Металлические детали, напечатанные на 3D-принтере, обладают превосходными физическими свойствами, а доступный диапазон материалов включает труднообрабатываемые иным образом материалы, такие как металлические суперсплавы.

К недостаткам методов SLM и DMLS можно отнести более высокие затраты на материалы и производство, по сравнению с традиционными методами формообразования и размерные ограничения создаваемых деталей, накладываемые рабочей зоной (размер бункера) технологического оборудования.

В настоящее время применение прогрессивных методов формообразования дополняет возможности традиционного производства позволяя получать изделия сложной формы с заданными свойствами сокращая издержки производства.

Список литературы:

1. Григорьев, С. Н. Перспективы развития инновационного аддитивного производства в России и за рубежом / С. Н. Григорьев, И. Ю. Смуров // Инновации : журн. — 2013. — Т. 10, № 180. — С. 76—82.
2. Волосова, Марина. Высокоэффективные технологии обработки / Марина Волосова, Андрей Маслов, Анна Окунькова ... [и др.]. — М. : Машиностроение, 2014. — 256 с.
3. Смуров, И. Ю. Экспериментальное аддитивное прямое производство с помощью лазера / И. Ю. Смуров, И. А. Мовчан, И. А. Ядройцев ... [и др.] // Вестник МГТУ «Станкин» : журн. — 2012. — № 2 (20).
4. On productivity of laser additive manufacturing : [англ.] // Journal of Materials Processing Technology. — 2018. — Т. 261 (November). — С. 213–232.