

Обзор технологии WAAM (wire arc metal print)

Студенты группы 10403120

Дасько В.А., Казакевич М.В.

Научный руководитель Гольцова М.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Одной из главных целей любого производства является снижение трудоемкости и себестоимости продукции. С начала 2000-х годов в промышленность внедряются аддитивные технологии [1-3]. Аддитивные технологии позволяют производить мелкосерийные изделия гораздо дешевле, чем при применении классических технологий обработки материалов. Это достигается за счет укорачивания производственных цепочек, уменьшения участия рабочего персонала и полной автоматизации разработки документации.

В современном аддитивном производстве выделяют 2 основные группы 3d принтеров.

Bed disposition - в данной группе 3d принтеров послойное выращивание изделия осуществляется неподвижным источником энергии. К этой группе можно отнести фотополимерные SLA принтеры, а также порошковые SLS принтеры.

Direct disposition - для данной группы характерно совмещение как источника материала, так и источника энергии в одной наплавочной головке, которая перемещается. Основные представители это полимерные FDM принтеры, а также LENS принтеры, применяющие лазерную наплавку порошков.

Начиная с 2010-х годов в производство начали внедряться 3d принтеры, использующие в качестве основного материала мелкодисперсные металлические порошки. При этой технологии производится послойная направка с помощью спекания или наплавки лазером. Основные преимущества таких принтеров: возможность автоматизированного производства деталей без участия человека, создание сложных изделий, получение которых с помощью литья или обработки резаньем было бы затруднительным, а также более дешевое производство штучных изделий. Однако основным недостатком таких принтеров является применение дорогих материалов и общая дороговизна оборудования. Решением может служить получение изделий с помощью механизированной наплавки в среде защитного газа.

Технология WAAM (weld arc additive manufacturing) является новой технологией 3d печати металлами. Принтеры, использующие эту технологию, представляют собой или сварочного робота или сварочную горелку, интегрированную в фрезерный станок с 3-5 степенями свободы (рис. 1).

В отличие от технологии LENS, где металл, наплавляемый на изделие, подается в виде порошка, в технологии WAAM используется цельная проволока. Механизированная наплавка является хорошо исследованной и позволяет использовать огромную номенклатуру электродной проволоки из таких металлов как: титан, алюминий, аустенитные стали, а также медные сплавы. Расплавление проволоки обеспечивает электрическая дуга и наплавленные валики укладываются слой за слоем. Наплавку можно осуществлять как с помощью непосредственной наплавки проволоки на изделие (MIG, MAG), так и с помощью холодного переноса металла на изделие (СМТ). Из преимуществ первого способа можно выделить простоту устройства наплавки (источник энергии, подающее устройство и горелка), а из недостатков можно выделить невысокое качество поверхностей как в плане шероховатости, так и в плане геометрических характеристик. Также ограничивающим фактором данной способа наплавки является то, что минимальная погонная энергия для получения качественной мелкозернистой структуры должна быть около 450 Дж/мм. Это ограничивает применение проволок малого диаметра, а следовательно толщина стенки получаемых изделий из сталей будет около 5-6 мм.

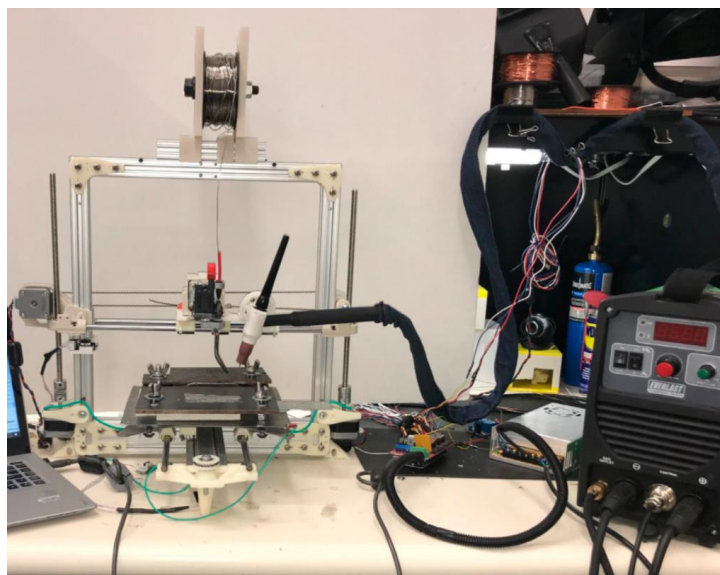


Рисунок 1 - Прототип 3D-принтера WAAM [1]

Более привлекательным способом наплавки является наплавка по технологии СМТ (cold metal transfer). При таком методе наплавки повышается эффективность за счет уменьшения тепловложения уже на наплавленные валики, а следовательно, снижается количество подходов и улучшается состояние поверхности. В ряде случаев полученные по данной технологии изделия или требуют ограниченной постобработки, или не требуют вовсе. Изделия, полученные с помощью СМТ имеют минимальную толщину 3-4 мм и это позволяет получать изделия, которые трудно или невозможно получить с помощью обработки резаньем, давлением или литьем. Такие изделия можно проектировать на компьютере и изменять первичную конструкцию в угоду улучшения характеристик изделия, а также получение монолитного изделия (отказа от отдельных деталей в изделии). Такой метод проектирования называется топологической оптимизацией.

Для повышения рентабельности установки, принтер может оказывать услуги по восстановлению и ремонту деталей машин методом наплавки, а также производить сварочные работы.

Также немаловажным фактором получения качественного изделия является текущий контроль проведения наплавки. Он позволяет оперативно получать данные и производить расчеты по оптимизации режимов наплавки, а также регистрации дефектов изделия. Можно выделить 3 основных метода текущего контроля.

Оптический. Данный метод заключается в подсветке зоны наплавки ультрафиолетовым излучателем, фильтрацией полученного излучения с помощью полосового фильтра, пропускающего определенные определенный диапазон длин волн и записи полученного изображения с помощью цифровой камеры. Полученные изображения исследуются с помощью специализированной ЭВМ и далее адаптивный блок данной ЭВМ принимает решение о изменении одного или нескольких параметров.

Акустический. При этом приеме исследуются возникающие в зоне сварочной ванны, а также в зоне остывания акустические сигналы, получаемые с помощью широкополосных акустических преобразователей. Регистрируется время прихода сигналов акустической эмиссии на преобразователь, вычисляются координаты источников акустических сигналов. Далее строят картину локализаций в зоне сварки и остывания, после анализа которой можно судить о качестве сварного шва и выявленных в нем дефектов.

Анализ изменения тока, напряжения и изменения характера подачи проволоки. При этом методе исследуются изменения основных характеристик наплавки и их отклонения от эталонных, включающих в себя: ток, напряжение дуги, скорость наплавки, скорость подачи проволоки и её вылет. На основании полученных характеристик и их отличия от заданных параметров, принимается решение об изменении одного или нескольких параметров.

К преимуществам технологии можно отнести:

- Издержки производства на 60% ниже.
- Скорость печати до 600 см³/ч.
- Большая номенклатура материалов.
- Меньшая стоимость проволоки относительно металлических порошков.
- Лучшие в сегменте механические свойства, отсутствие пористости.
- Возможность производить изделия до 2 м в длину, 1 м в ширину и 1 м в ширину.
- Самые большие габаритные размеры изделий в индустрии
- За счет применения электрической дуги отсутствует сложное оборудование, а также отсутствуют сложные требования для эксплуатации.
- Возможность применения топологической оптимизации.
- Возможность проводить работы по восстановлению деталей машин.

Недостатки:

- При повышении производительности ухудшается качество поверхности и геометрические характеристики изделия.
- Рентабельность только при штучном производстве сложных изделий малого или среднего размера. (характерно для всех 3d принтеров).
- При наплавке некоторых металлов возникает чешуйчатая поверхность.

Таким образом, в данном обзоре рассмотрены основные разновидности 3d принтеров и основные виды печати металлами. Из основных технологий печати металлов таких как LENS, SLS и WAAM, наиболее пригодной для производства по совокупности экономических, механических и технологических факторов является технология WAAM. 3d печать по данной технологии позволяет производить сложные детали с применением топологической оптимизации. Структура металла при больших погонных энергиях получается мелкозернистой, механические характеристики полученных изделий не уступает деталям полученным литьем или резаньем. Однако данная технология, как и другие технологии 3d печати, рентабельны только штучном производстве.

Список использованных источников

- 1.Технология 3DMP/WAAM // [Электронный ресурс] (https://www.ddmlab.ru/technology/waam_technology/) .— Дата доступа: 19.11.2022.
2. ИНЖЕНЕРЫ СОЗДАЮТ ПОРТАЛЬНЫЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ 3D-ПРИНТЕР WAAM С ОТКРЫТЫМ ИСХОДНЫМ КОДОМ// [Электронный ресурс] (<https://3dprintingindustry.com/news/engineers-build-open-source-gantry-mounted-waam-metal-3d-printer-for-just-1000-201830/>) — Дата доступа: 19.11.2022.