

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ НАПЕЧАТАННЫХ НА 3D-ПРИНТЕРЕ

*К.С. Сайлауханов, студент группы 10А72, научный руководитель: Кузнецов М.А., к.т.н.
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: kuznechik_85@mail.ru*

Аннотация: В работе приведены результаты экспериментальных исследований микро-структуры выращенных слоев электродуговым послойным выращиванием плавящимся электродом в среде углекислого газа.

Ключевые слова: микроструктура, химический состав, электродуговое послойное выращивание.

В современном мире актуальным вопросом остается уменьшение трудоемкости при изготовлении металлических изделий сложной формы. Одним из способов снижения трудоемкости и уменьшения себестоимости изделий является аддитивное производство, а именно выращивание. Выращивание металлических изделий сложной формы возможно за счет применения электродуговых способов наплавки [1, 2]. Применимость электродуговой наплавки плавящимся электродом в среде защитных газов в качестве аддитивных технологий, а именно выращивания металлических изделий сложной формы, обусловлено ее высокой производительностью и возможностью послойно формировать металлические объемные конструкции с заданными механическими и эксплуатационными свойствами [3, 4]. Данным способом возможно получать металлические изделия сложной формы за счет плавления порошка или сварочной проволоки [5].

В качестве наплавочного материала при экспериментальных исследованиях по электродуговому послойному выращиванию плавящимся электродом в среде углекислого газа применялась сварочная проволока Св-08Г2С диаметром 1,2 мм, в качестве подложки использовалась сталь обыкновенного качества 09Г2С. Выращивание металлического изделия производилось на разработанном 3D-принтере. Режимы выращивания: $I = 120-140A$, $U = 22-24V$, $v = 300$ мм/мин.

Электродуговое послойное выращивание плавящимся электродом в среде углекислого газа состояло из двух этапов. Первый этап заключался в создании компьютерной 3D модели выращиваемого изделия. Далее модель выращиваемого изделия разбивалась на слои. Выращивание изделия происходило на разработанном 3d принтере. Горизонтальный стол принтера перемещается по координатам X, Y, тем самым дает обеспечение точного перемещение по заданной траектории. Вертикальная стойка, на которой расположена сварочная горелка обеспечивает точное перемещение по координате Z.

Из выращенного изделия был приготовлен темплет толщиной 2,5 мм, схема которого показана на рисунке 1.

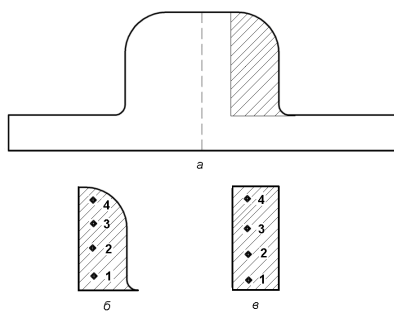


Рис. 1. Схема подготовки образцов для исследования структуры

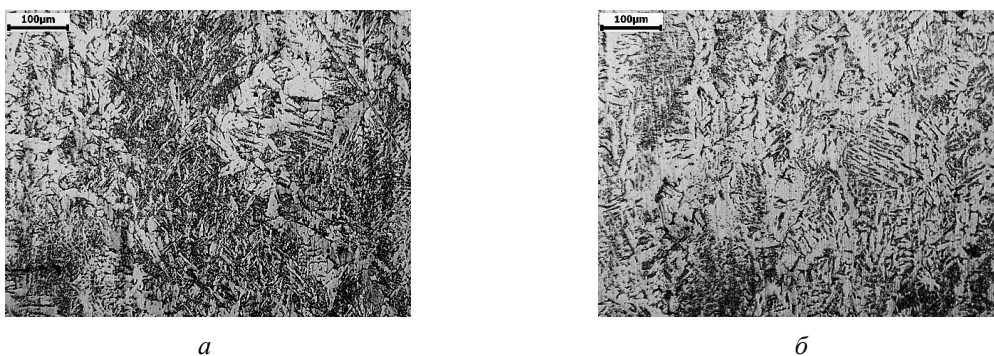
Из выращенной стенки механическим способом были вырезаны образцы, из которых были изготовлены шлифы. Вырезка и изготовление шлифов производились в двух направлениях: в направлении движения выращивания X (рис. 1 б) и в перпендикулярном направлении Y (рис 1 в). Изготовленные шлифы механически шлифовали, полировали и химически травили. Исследование микроструктуры выращенного изделия осуществляли на оптическом микроскопе Neophot-21. Запись изображений, отображенных на мониторе, происходит при помощи цифровой камеры Genius VileCam.

При анализе результатов металлографических исследований установлено, выращенные слои № 4, № 3, № 2 и № 1 (обозначения 1 – 4 на рис. 1 б и 1 в) имеет структуру отличающуюся размерами и морфологией зерна.

Слой 4 (рисунок 1), имеет структуру литого металла, состоящую из хаотически расположенных (неориентированными) дендритов (рис. 2). Направление электродугового послойного выращивания на разработанном 3D-принтере не оказывает влияние. Толщина слоя № 4 составляет 4 мм.

Слои 3, 2, 1 (рисунок 1) имеют феррито-перлитную структуру с полиэдрическими перекристаллизованными мелкими зёрнами. Слой № 3 имеет толщину ≈ 3 мм с размером ферритного зерна в продольном шлифе $18,4 \pm 6,2$ мкм, соответствующему номеру 9. Этот слой содержит перлит, соответствующий сварочной проволоки Св08Г2С. Слой 2 имеет размер ферритного зерна в продольном шлифе $13,4 \pm 6,9$ мкм и в поперечном шлифе $12,7 \pm 6,6$ мкм, что соответствует номеру 10. Это объясняется тем, что перекристаллизация произошла дважды. По химическому составу структура тоже соот-

ветствует сварочной проволоки Св08Г2С. Слой 1 имеет размер зерна в продольном шлифе $9,6 \pm 3,6$ мкм и в поперечном шлифе $7,3 \pm 3,7$ мкм, что соответствует номеру 11. В данном слое содержание перлита выше, чем в сварочной проволоке Св08Г2С, но меньше, чем в стали 09Г2С. Это объясняется тем, что произошло частичное перемешивание с подложкой.



а б
Рис. 2. Структура 4 наплавленного слоя:
а – поперечное направление, б – продольное направление

Выводы:

Определено, что при электродуговом послойном выращивании на разработанном 3D-принтере стенки корпусных металлических изделий имеют слоистое строение с разным размером зерна. Дендритная структура присутствует в наплавленном слое № 4. Слои № 3, № 2, № 1 за счет тепловыделения при наплавке слоя №4, подвергаются вторичной термообработке. В следствие этого процесса зерна в слоях № 3, № 2, № 1 уменьшаются с глубиной до 10 мкм. В результате этого происходит измельчение размеров зерен от слоя № 4 к слою №1. Средний размер зерен уменьшается в 2,2 в поперечном сечении с 16,4 мкм до 7,3 мкм, в 1,9 раза в продольном сечении с 18,4 мкм до 9,6 мкм.

Список используемых источников:

1. Жуков В.В., Григоренко Г.М., Шаповалов В.А. Аддитивное производство металлических изделий (обзор) // Автоматическая сварка.– 2016. – № 5-6. – С. 148-153.
2. Коржик В.Н., Хаскин В.Ю., Ткачук В.И., Пелешенко С.И., Коротенко В.В., Бабич А.А. Трехмерная печать металлических объемных изделий сложной формы на основе сварочных плазменнодуговых технологий // Автоматическая сварка.– 2016. – № 5-6. – С. 127-134.
3. Ding D.H., Pan Z.X., Cuiuri D., Li H.J. Wire-feed additive manufacturing of metal components: technologies, developments and future interests // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – Oct. 2015. – P.465-481.
4. Taminger K.M., Hafley R.A. Electron beam freeform fabrication for cost effective near-net shape manufacturing // 139 specialists meeting on cost effective manufacture via net shape processing. Amsterdam (The Netherlands): NATO. – 2006. – P.16.1-16.10.
5. Garff K.F., Short M., Norfolk M. Very high power ultrasonic additive manufacturing (vhpua) for advanced materials // Proceedings of the Solid Freeform Fabrication Symposium, Austin, USA. – 2010. – P.82-89.

РЕШЕНИЕ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ НАГРЕВА ПЛАСТИНЫ

*С.Г.Курал, студент гр.ФИТ-16-1, научный руководитель: доцент, к.т.н., Т.Б. Ахметжанов
Казахдинский государственный технический университет,
Казахстан, г. Караганда, б.Мира,56
E-mail: akhmetzhanov_t@mail.ru*

Аннотация: В данной работе решена термомеханическая задача нагрева пластины неподвижным источником тепла В расчете используется метод конечных элементов (МКЭ), реализованный в программно- методическом комплексе ANSYS. В результате решения выявлены поля временных и остаточных перемещений, деформаций и напряжений.

Ключевые слова: инженерные задачи, моделирование, термическая обработка, сварочные напряжения, тепловой анализ, остаточные напряжения.

Рассмотрим численное решение термомеханической задачи нагрева пластины неподвижным источником тепла – газовым пламенем. По сравнению с электрической дугой газовое пламя –