

Молочков Д.Є.^{1,2}, Куликовський Р.А.¹

(¹НУ «Запорізька політехніка»; ²ООО «ТРИАДА ЛТД КО», м. Запоріжжя)

ВІДХИЛЕННЯ ПРИ АДИТИВНОМУ ВИРОБНИЦТВІ НА ОСНОВІ ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

E-mail: dmolochkov@gmail.com

Аддитивне виробництво на основі дугового зварювання в середовищі захисних газів (Wire and Arc Additive Manufacturing, або WAAM), дедалі більше застосовується не тільки для прототипування, а й для одиничного та дрібносерійного виробництва робочих деталей. Зменшення об'єму механічної обробки може прискорити і здешевити виробництво, проте для цього потрібно дослідити відхилення, які виникають при вирощуванні способом WAAM, що впливають на точність геометрії.

Мета роботи: класифікація відхилень геометрії вирощуваних виробів. Основні задачі: визначення факторів, що впливають на геометричну точність виробів; аналіз їх природи та визначення пріоритету наступних досліджень.

Відхилення при WAAM можна розділити на: відхилення форми елементів (зміна прямолінійності, округлості, циліндричності та ін.); відхилення положення елементів (відхилення розміщення деталі або її елементів відносно один одного); хвилястість і шорсткість поверхні.

До відхилень форми можна віднести бризки металу на поверхні, утворення яких залежить від типу переносу металу. Його можна корегувати оптимізацією параметрів вирощування і складу захисного газу, або застосувавши спеціальні зварювальні процеси, такі як холодний перенос металу (Cold Metal Transfer), що забезпечують стабільний перенос металу, відсутність бризок і низьке тепловнесення. Найбільш значними відхиленнями форми є деформації і внутрішні напруження, які є наслідком циклу нагрівання-охолодження і нанесення металу. Ключем до зменшення деформацій є зменшення діапазону зміни температур в процесі WAAM.

Серед відхилень положення можна виділити точність позиціонування інструменту (наприклад, для роботів Yaskawa похибка складає 0,02...0,06 мм) і

точність переносу траєкторії з САМ систем в обладнання, що залежить від пост-процесора.

Фактори, які одночасно впливають на відхилення форми і положення – це відхилення положення дроту в контактному наконечнику (КН) від центральної осі, радіус вигину дроту на виході з КН і знос КН в процесі вирощування. Відхилення дроту в КН пояснюються необхідним технологічним допуском для запобігання можливості заклинювання дроту. Для пари дріт Inconel 718 діаметром 1,2 мм та КН Fronius 1,2 мм вимірювання показали, що середній діаметр дроту складає 1,17 мм, а діаметр отвору КН – 1,37 мм, тобто можливе відхилення дроту від центральної осі в новому КН знаходиться в межах $\pm 0,1$ мм. Вигин дроту значно впливає на точність вирощування. Виміри показали, що дріт Inconel 718 діаметром 1,2 мм при вильоті 15 мм в новому КН відхиляється на 0,8 мм від центральної точки інструменту. Зі зношуванням КН відхилення дроту збільшується до 2 мм. Як наслідок, це призводить до порушень геометрії і зниження міцності деталі, а в деяких випадках, навіть, до нестабільності процесу та неможливості продовження процесу вирощування.

Хвилястість поверхні може досягати 1 мм та залежить від параметрів вирощування (швидкість переміщення пальника, швидкість подачі дроту, напруга на дузі, температура деталі та ін.), а також від застосованих матеріалів. Таким фактором як шорсткість поверхні можна знехтувати, адже середні значення 0,001...0,013 мм достатньо малі в порівнянні з іншими відхиленнями.

Наразі пріоритетним є дослідження процесу зношування КН та деформаційно-напруженого стану дроту, через контактну взаємодію яких збільшується відхилення дроту від центральної осі та, як наслідок – загальне відхилення геометрії вирощених виробів. Крім цього, важливим питанням є хвилястість поверхні та пов'язані з формоутворенням валиків дефекти. Таким чином, пошук рішень для зменшення відхилення дроту, хвилястості та супутніх дефектів є актуальною задачею, вирішення якої покращить точність виготовлення деталей, ефективність використання матеріалів, експлуатаційні властивості готового виробу та зменшить необхідність його механічної обробки.