

## ЗАСТОСУВАННЯ «МЕТОДУ ЧАСУ» ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ КОНСТРУКЦІЙ АДИТИВНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ МІЦНІСНИХ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Валерій Сатокін

Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля», м. Дніпро, ofsale@gmail.com

Аналіз наявної інформації механічних властивостей конструкцій, виготовлених 3D-друком з пластику показав відхилення значень межі міцності в готових конструкціях від значень межі міцності на зразках, та від заявлених виробником значень у паспорті на використовуваний матеріал. ДП «КБ «Південне» були проведені додаткові випробування на міцність зразків, використовуваних для 3D-друку пластикових матеріалів і подальший аналіз отриманих результатів. Досліджувались зразки матеріалу, надруковані трьома схемами. Напрямок друку – вертикально вгору – вісь Y. Друк шарів для всіх зразків відбувався по однаковій схемі (див. рис. 1).

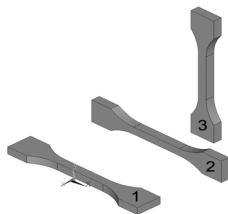


Рис. 1 – Схема друку досліджуваних зразків

Були отримані наступні результати: зразок 1 має 98% від заявленої міцності; зразок 2 має 95% від заявленої міцності; зразок 3 має 73% від заявленої міцності. Аналіз наявної інформації в Internet, даних виробників і проведених в ДП «КБ «Південне» досліджень привів автора до наукового відкриття, яке отримало назву «метод часу» – керування, контролювання і уніфікація часу на друк одного шару дозволяє досягти максимальних механічних властивостей конструкцій, виготовлених за адитивними технологіями.

«Метод часу» названий тому, що єдиним змінним параметром при виготовленні зразків є час, який витрачається принтером на друк одного шару конструкції. Цей же час і є часом, який має шар конструкції перед друком наступного шару на охолодження, полімеризацію, затвердіння та інше. Час друку одного шару конструкції залежить виключно від її площі, тому для порівняння часу друку зразків 1, 2 і 3 використовуватимемо порівняння перерізів Z-X. У зразка 1 – однакове значення за весь час друку, і воно найбільше з трьох зразків. Аналіз значень міцності показує, що характер залежності механічних властивостей зразка від часу друку одного шару не має лінійного характеру. Але, чим менший час від друку одного шару конструкції до другого, тим нижча межа міцності зразка. Це пояснюється тривалістю і температурою полімеризації надрукованих шарів зразків. Час на друк кожного шару зразка 1 однаковий, що є важливим фактором для отримання вищої межі міцності.

Також був проведений аналіз властивостей конструкцій з металу, виготовлених адитивними технологіями, який показує, що застосування для їхнього друку «методу часу» дозволить покращити і оптимізувати їх механічні властивості, оскільки для надрукованих металевих зразків і конструкцій теж спостерігається розбіжність у властивостях в залежності від напрямку друку,

хоча й менша. На рис. 2 наведені зображення різних стадій друку металеві конструкції, як окремі кадри відео процесу друку [1].

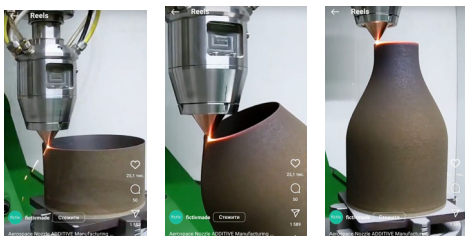


Рис. 2 – друк металевих матеріалів

При нагріванні металів до визначених температур відбувається зміна їх кольору – «кольори мінливості». Явище утворення переливчастої строкато забарвленої оксидної плівки є наслідком інтерференції в ній. Для металів при нагріванні кольори мінливості раніше (до появи пірометрів) використовували в якості індикатора температури нагрівання. Різний колір вказує на різну температуру нагрівання. Там, де друкується широка частина виробу, синьо-фіолетового кольору немає, а там, де вузька – є. Це є наслідком того, що час друку одного шару у вузькій частині є меншим і тому відбувається розігрівання виробу. Це спричинює зміну фізико-механічних властивостей і у підсумку – до різномірної структури готового виробу.

Отже, для отримання оптимального механічного стану конструкції необхідно, щоб від початку друку одного до початку друку наступного шару, час був однаковим для всіх шарів. Це досягається встановленням паузи в системі друку перед переходом до друку наступного шару. Швидкість друку кожного шару однакова, відрізняється тільки пауза перед друком наступного шару. Наприклад, найбільший шар друкується за 23 с, найменший за 4 с, тоді пауза між друком наступного після найменшого шару повинна тривати 19 с, а потім продовжується друк. Проводити друк конструкції треба так, щоб час від початку друку одного шару до початку друку наступного шару був не меншим аналогічного часу для зразка типу 1, котрий визначається індивідуально для кожного використовуваного матеріалу.

Для аналізу впливу часу друку на міцність та отримання її оптимального значення, пропонується провести дослідження, в якому в два, три і чотири рази збільшити час на друк одного шару порівняно з часом, потрібним на друк одного шару зразка типу 1. І хоча такий спосіб друку збільшить час на виготовлення конструкції, але в результаті з'являється можливість отримати конструкцію з більшим значенням межі міцності. Відкриття було зроблене 10 серпня 2022 року. Величезна вдячність Олені Рудаковій та Сергію Багмуту – за натхнення, обговорення, заперечення і тривалі дискусії, саме вони підштовхнули автора до описаного вище відкриття.

1. *Video Reels* профілю @fictivmade в мережі Instagram. Назва допису «Aerospace Nozzle ADDITIVE Manufacturing». 08 лютого 2024 року. [www.fictiv.com](http://www.fictiv.com)

#### **APPLICATION OF THE "TIME METHOD" IN THE MANUFACTURE OF STRUCTURES USING ADDITIVE TECHNOLOGIES FOR INCREASE THEIR STRENGTH AND EXPLOITABLE PROPERTIES**

*Considered scientific discovered "method of time" in process of finding a solution to the problem of reducing the strength of printed structures in accordance with the manufacturer's data.*