

УДК 681.625.8

В.А. Яригін, студент гр. ПБ-01мн, к.т.н., доц. Вислоух С.П.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПРО ЯКІСТЬ ПОВЕРХОНЬ, ЩО ОТРИМАНІ FDM ДРУКОМ

Анотація. В даній роботі наведено класифікацію поверхонь, що отримані за допомогою FDM 3D друку. Описано фактори, що впливають на формування та якість отриманих поверхонь. Вказано можливі шляхи нівелювання негативного впливу цих факторів.

Ключові слова: 3D друк, якість поверхонь, класифікація поверхонь, фактори, що впливають на якість.

ВСТУП

При виготовленні деталей та прототипів методом FDM 3D друку в багатьох випадках особливу увагу приділяють якості отриманих поверхонь. Звісно надрукувавши заготовку із відповідними допусками на постоброблення питання якості поверхонь можна вирішити. Але в більшості випадків постоброблення можливо виконати лише ручним інструментом, що в свою чергу досить серйозно впливає на точність. Трудовитрати такого процесу є досить високими, а в деяких випадках обробка внутрішніх поверхонь дуже ускладнена, або взагалі не можлива. Й в результаті такого оброблення отримуємо виробництво, що більш подібне до кустарного. Принципи адитивного виробництва передусім полягають в тому, щоб мінімізувати або взагалі виключити ручне оброблення деталі. Ідеальним прикладом такого виробництва є такий, коли деталь із верстату одразу встановлюють в складальну одиницю без додаткових маніпуляцій. Таким чином, важливо мінімізувати можливі відхилення за формою та за точністю поверхонь при їх виготовленні. В роботах [1,2] розглянуто вплив режимів друку на якість поверхонь. Проте окрім них існують й інші не менш впливові фактори, що впливають на якість оброблених поверхонь.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для кращої оцінки та розуміння впливу на якість поверхонь різноманітних факторів в першу чергу необхідно поверхні систематизувати. В нашому випадку класична класифікація поверхонь не є повною. Це викликано суттєвою відмінністю методів їх отримання, а отже відрізняються і фактори, що впливають на якість та точність поверхонь. Таким чином, поверхні будемо класифікувати за особливостями їх виготовлення. Отримані FDM 3D друком поверхні можна умовно поділити наступним чином:

- горизонтальні (нижні) поверхні, що накладаються безпосередньо на столик принтера. По іншому, можна їх назвати «базою» відносно якої виконується друк деталі;
- бічні поверхні, що розташовані перпендикулярно відносно столика (стінки деталі);
- горизонтальні (верхні) поверхні, що накладається на попередньо надруковані шари;
- перехідні поверхні. Під кутом відмінним від 90 градусів до основи та фасонні;

- навісні поверхні. До цього класу можна віднести як поверхні, що друкуються без підтримок, так і ті, що друкуються на їх основі;
- поверхні, що межують із підтримками.

Розглянемо наведену вище класифікацію детальніше. Не має сенсу виконувати поділ поверхонь на внутрішні та зовнішні, оскільки фактично формуються вони однаково. Окремо виділені поверхні, що межують із підтримками, оскільки при певних режимах друку зв'язок додаткової підтримки та деталі занадто міцний (адгезія між структурами зависока). Варто також зазначити, що деякі поверхні можуть одразу відноситись до кількох типів. За принципом роботи FDM деталь отримується пошаровим нанесенням розплавленого матеріалу.



Рис. 1. Схематичне зображення півкола, отриманого 3D друком

Схематичне зображення отримання 3D друком півкола представлено на рис. 1. Звідси видно, що при пошаровому нанесенні матеріалу між шарами на краях деталі має місце ефект розшарування, подібний вигляд мають і поверхні, що друкуються вертикально.

Встановлено, що на кожний із шести видів поверхонь можуть впливати різні фактори. Звісно, що одним із найбільш впливових є факторів, є режими друку принтера [1], тобто температура сопла, швидкість друку та відсоток заповнення. В загальному випадку найбільш впливовим фактором є температура сопла, а також температура середовища. Особливо це відображається на поверхнях малих та надмалих розмірів за умови, що весь шар, що друкується займає друк цієї поверхні.

Перший тип поверхонь (горизонтальні нижні) відрізняється від інших типів процесом формування. Оскільки основу цієї поверхні складають кілька перших шарів фламенту на її якість, окрім описаних вище параметрів, також суттєво впливають наступні. Це матеріал столика принтера та склад клею, що використовується. За умови використання столика типу "дзеркало" та більшості клеїв такі поверхні виходять досить гладенькими. Звідси випливає один із недоліків такого столика. Деталі великої площі досить сильно приклеюються до стола й без додаткових засобів (спеціальних лопаток, лез, нагріву поверхні стола) їх не можливо відокремити. Якщо використовувати стіл з іншим покриттям – можна бачити суттєві відмінності за параметрами шорсткості поверхні. Варто також зазначити існує суттєвий вплив роботи екструдера, в плані неконтрольованого (або слабо контрольованого) екструдювання, при холостих (не робочих тобто без екструдювання) переміщеннях сопла інколи можна помітити залишкове екструдювання в зоні першого шару деталі. Ця нитка в результаті може суттєво спотворити перший шар або в гіршому випадку призвести до зміщення або відриву вже надрукованих шарів за умови, що клей не встиг застигнути. Усунути цей недолік інколи можна шляхом зміни налаштування втягування [3] при створенні конфігурації друку. За ідеальних умов якісне формування цього типу поверхні можливе, якщо фламент буде достатньо довго утримувати температуру плавлення й добре зволожить

поверхню столика таким чином, щоб перекрити $1/4$ - $1/8$ площу поверхні сусідньої нитки. Для реалізації цього добре підходять столики з інтегрованим нагрівом.

На якість бічних поверхонь в першу чергу суттєво впливають швидкість охолодження поточного та попереднього шарів, а також кінематика принтера. Інколи в кінематиках, в яких використовуються гвинтові або черв'ячні передачі, можна спостерігати ефект нарізі, коли шари на бічній поверхні суттєво відхиляються по осі ОХ один від одного, повторюючи тим самим форму нарізі. Якщо збільшити точність описаних передач чи додати високоточні направляючі або використати інші види кінематики даний ефект можна нівелювати. На рисунку 2 зображено схематичний приклад вертикальної стіни в розрізі, що надрукована за стандартних умов. Можна бачити, що сама структура вертикальної поверхні передбачає бугри та впадини. Суттєво зменшити цей ефект можливо за рахунок підтримки температури середовища на достатньо високому рівні (для повільного охолодження щойно надрукованого шару).

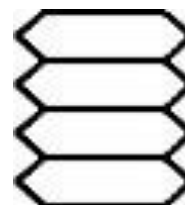


Рис. 2.
Схематичне зображення стінки в розрізі

На формування третього типу поверхонь суттєво впливають товщина перекриття та швидкість охолодження деталі, при цьому режими друку впливають менше. Особливо важливо під час друкування всіх видів поверхонь запобігти їх різкому охолодженню в наслідок протягів.

На фасонні або перехідні поверхні, окрім точності позиціонування сопла, суттєво впливає товщина перекриття та відсоток заповнення. За малої товщини перекриття і малого відсотку заповнення можна спостерігати суттєві ями або провали на поверхні, розмір яких близький до розміру кроку сітки заповнення, а форма – відповідає його шаблону.

Навісні поверхні зазвичай мають малу точність. Якщо на попередні типи поверхонь в основному впливають температурні фактори, то їх збільшення в розумних режимах призводить до покращення якості. Тут можна спостерігати зворотній ефект особливо, якщо говорити про друк поверхонь типу «міст» без використання підтримок, адже після екструдкування матеріал повинен швидко, майже одразу застигнути. Таким чином, ефект наплавлення в таких місцях практично не можливо прибрати, якщо говорити про поверхні, що друкуються з допомогою підтримок або межують з ними. Можна бачити, що в місцях доторкання до підтримки є дефекти поверхні типу виступи. Але запобігання утворенню таких дефектів можливе за умови, якщо стінка встигне достатньо затвердіти до моменту друку підтримки на даному шарі. Зробити це можна, змінивши параметри друку моделі. Якщо говорити про випадки, коли підтримка є основою поверхні, інколи спостерігається «провал» поверхні особливо це помітно на фасонних поверхнях. Для зменшення негативного впливу підтримки на якість важливо, щоб її корок біля відповідної поверхні був як можна менше.

ВИСНОВКИ

Класифікація поверхонь, що отримані 3D друком та визначення факторів, які впливають на утворення цих поверхонь, дозволяє краще зрозуміти природу формування поверхонь й визначити основні можливості впливу на їх форму.

Також це дозволяє підібрати кращі режими роботи 3D принтера та дає змогу більш точно сформулювати технічні вимоги для модернізації існуючих принтерів та програм, що ними керують.

В залежності від адгезійних властивостей матеріалу ефект пошарового наплавлення може відображатись по різному. Теоретично, якщо підвищити час охолодження попередньо нанесеного шару, цього ефекту можна практично позбутись. Звісно, це не панацея для всіх можливих випадків утворення поверхонь, але в більшості випадків такі зміни повинні позитивно вплинути на кінцеву якість поверхонь

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Яригін В.А. Дослідження параметрів якості деталей, отриманих шляхом 3d друку / В.А Яригін., С.П Вислоух // Збірник тез всеукраїнської науково-практичної on-line конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, присвяченої Дню науки, 11-15 травня 2020 року м.Житомир, – К.:Державний університет «Житомирська політехніка» – С. 125 – 126.
- [2] Яригін В.А. Підвищення якості крупногабаритних деталей, виготовлених методом FDM 3Dдруку / В.А Яригін., С.П Вислоух // XVI Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні» 8-9 грудня 2020 року – К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. Центр учбової літератури. – 2020. – С. 142-144.
- [3] Документація для встановлення і використання програмного продукту Repetier Host, / Marcus Littwin // repetier.com інформаційний сайт виробника програмного забезпечення Repetier Host – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.repetier.com/documentation/repetier-firmware/z-probing/>

Наук. керівник – к.т.н., доц. Вислоух С. П.