УДК 621.792.6 : 621.05.004.28

Ступак В.В., інженер
Задоя Н.О., канд. техн. наук, доцент
Національний університет «Запорізька політехніка», zadoya@ua.fm

ПРОБЛЕМИ АДГЕЗІЇ ПЛАСТИКУ ПРИ ДРУЦІ НА 3D-ПРИНТЕРІ

3D-друк стає все більш розповсюдженим методом виробництва різноманітних деталей, частіше використовується тип друку FDM, і однією із перших проблем, які виникають при друці – погана адгезія (прилягання) першого шару пластику до поверхні столу принтера, внаслідок чого деталь може відірватися від столу, або зміститися, що призводить до псування деталі та зупинки друку (або, якщо функції автоматичного вимикання немає, то до зайвого використання філаменту впусту). Також треба враховувати умову подальшого швидкого та безпечного відділення деталі від столу після закінчення друку без руйнування покриття столу, тому вирішення цієї проблеми носить як науковий, так і практичний характер і є актуальним.

Розглянемо декілька поширених проблем із приляганням пластику при 3D-друці на прикладі сучасних поверхонь столу принтера – PEI (поліефірімід) панелі.

PEI є високоміцним аморфним термопластичним полімером [1, 2]. Його використовують, як покриття, як окремий матеріал для деталей, або в термопластичних композитах, армуючи його, наприклад, скловолокном [3]. Основні характеристики PEI:

- високоміцний та температуростійкий, витримує чисельне циклічне термічне навантаження;
- забезпечує стабільність розмірів та сприятливе поєднання гнучкості та жорсткості у широкому діапазоні температур;
- стійкий до гідролізу;
- не має отруйних випаровувань, підходить для контакту із харчовими продуктами, має низьку займистість та димоутворення;
- має відмінні електроізоляційні та діелектричні властивості та підвищену стійкість до радіаційної енергії.

В 3D-принтерах використовується, як покриття панелі (опори) робочого столу принтера. Верхній робочий шар має шорстку структуру, що підвищує адгезію як при високих, так і при низьких температурах. Панель має на ніжній стороні магнітний шар, що дозволяє її легко знімати з основної нагрівальної частини столу принтера для відклеювання деталей після друку за допомогою легкого згинання, під час якого покриття PEI зберігає цілісність і основні властивості.

Досліджували друк деталей з філаменту із найрозповсюджених пластиків [4]: PLA (полілактід), PETG (поліетиленгліколь терефталат), ABS (акрилонітрил-бутадієн-стирол).

Хоч PEI панелі мають ряд переваг і властивостей, але проблему адгезії повністю вони не вирішують. Ось кілька поширених проблем та способи їх вирішення.

1. Недостатня температура столу. Якщо стіл недостатньо розігрітий, пластик може не прилипнути до нього належним чином. Рішення: необхідно переконатися, що стіл достатньо нагрітий до рекомендованої температури. Ось приблизні рекомендації щодо температурних налаштувань для друку вищезазначеними типами пластику:

а) PLA.

Температура сопла: зазвичай 190…220 °C. Рекомендована температура 200… 210 °C.

Температура підігріву столу: не обов'язково, але якщо принтер має підігрів, рекомендується встановити температуру від 50 °C до 60 °C.

б) PETG.

Температура сопла: зазвичай 230…250 °C. Рекомендована температура 240…250 °C.

Температура підігріву столу: рекомендована температура від 75 °C до 85 °C.

в) ABS.

Температура сопла: зазвичай 230…260 °С. Рекомендована температура: 240…250 °С.

Температура підігріву столу: рекомендована температура від 90 °С до 110 °С.

Ці рекомендації можуть відрізнятися в залежності від конкретного виробника, моделі, а також від параметрів 3D-принтера. Рекомендується починати із нижніх меж діапазону та поступово збільшувати температуру, якщо це необхідно для досягнення кращих результатів друку.

2. Нерівна поверхня столу. Якщо поверхня столу негоризонтальна, нерівна або має дефекти, це може призвести до проблем із адгезією. Рішення: проведення фізичного та автоматичного калібрування столу для досягнення максимально рівної поверхні. Якщо дефекти покриття незворотні, необхідна заміна робочої частини столу.

3. Неправильне налаштування параметру *z-offset* – це відстань від сопла до поверхні столу. Ця відстань може бути занадто маленькою (що призведе до проблем із адгезією), або занадто великою (що може призвести до проблем із неякісним першим шаром). Рішення: правильно налаштувати *z-offset* згідно з рекомендаціями виробника 3D-принтера.

4. Відсутність або недостатнє використання засобів, що забезпечують адгезію. Іноді просто нагрітого столу недостатньо для забезпечення адгезії. У цьому випадку можна використовувати спеціалізовані клеї та спреї, щоб покращити зчеплення. Іноді достатньо перед друком протирати стіл спиртом або іншими розчинниками, які не псують покриття робочої зони столу. При використання клеїв або спреїв необхідно попередньо перевірити їх дію на периферії панелі, щоб при їх невідповідній якості не пошкодити основну зону робочої панелі.

5. Проблеми із матеріалом. При виготовленні філаменту виробники пакують пластик у вакуумні упаковки, які забезпечують герметичність, але це не завжди забезпечує гарантії його сухості через те, що пластик має властивість вбирати в себе вологу, що негативно відображається на адгезії і якості друку. Рішення: сушіння пластику в спеціальних сушильних камерах на наступних режимах щодо температури і часу сушіння PLA, PETG і ABS пластику:

а) PLA. Температура: близько 45…55 °С. Час: від 4 до 6 годин;

б) PETG. Температура: близько 65…75 °С. Час: від 6 до 8 годин;

в) ABS. Температура: близько 70…80°С. Час: від 4 до 6 годин.

Сушка пластика при зазначених температурах та часових інтервалах допоможе видалити надлишкову вологу. Важливо не перевищувати рекомендовані температури, щоб уникнути деформації або пошкодження матеріалу філамента.

У роботі було розглянуто лише кілька можливих проблем із адгезією пластику до столу 3D-принтера і їх можливе вирішення. Тому, у разі виникнення проблем, рекомендується провести систематичну діагностику та застосовувати відповідні методи вирішення залежно від конкретної ситуації.

Список посилань

1. Herman F. Mark. Encyclopedia of polymer science and technology, Concise: 12 Vol. Set. Wiley: Hardback, 2007. Edition 3. 1462 pages.

2. Промислові пластики. Plastics [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://plastics.ua/industrial/products/engineer/pei/

3. Термопластичні композити: первинна структура [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://steklo-armatura.com/termoplasticheskie-kompozityi-pervichnaya-struktura

4. Основні матеріали, що використовуються для 3D-друку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.3dprinter.ua/osnovni-materiali-shho-vikoristovuyutsya-dlya-3d-druku/