

АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В РЕСТАВРАЦІЇ ТА ВІДТВОРЕННІ ЕЛЕМЕНТІВ АРХІТЕКТУРНИХ ОБ'ЄКТІВ

Гумен О.М., д.т.н., професор

Лебедева О. О., ст. викладач

НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», (Україна, м. Київ)

***Анотація** – в статті розглядаються питання використання адитивних технологій в процесах реставрації та відтворенні елементів архітектурного декору для розробки точних цифрових моделей та виготовлення майстер-форм для лиття копій втрачених чи пошкоджених архітектурних раритетів*

***Ключові слова** – реставрація, відтворення, адитивні технології, майстер-модель, 3D-друк, лазерне сканування, архітектура, моделі об'єктів, 3D-сканування.*

Постановка проблеми. Перспективи розширення сфери застосування адитивних технологій у всіх галузях діяльності суспільства дуже великі на даний час. Сфера їхнього застосування і технологічний розвиток набувають великих темпів і потребують все більшу кількість напрямів наукових досліджень. Реставрація та відтворення пам'яток архітектури є дуже складним та затратним процесом, в якому особливу складність представляє відновлення декору. Найчастіше, елементи декору реставруються скульпторами, які виготовляють майстер-моделі за ескізами у своїх майстернях. Це тривалий процес з великою вірогідністю помилок та неточностей. Ці проблеми могло б розв'язати комп'ютерне 3D моделювання з друком майстер-моделі на 3D принтері.

Аналіз останніх досліджень. Адитивні технології переживають період прискорених темпів розвитку в технологічному сенсі та розширенні сфер застосування. За складністю пристроїв та продукції вони обіймають галузь від аматорської дитячої творчості до швидкого виготовленні цілих агрегатів, наприклад, вузлів механізмів морських суден, що знаходяться у автономному плаванні з промисловим порошковим 3D-принтером на борті, призначеним для виготовлення точної металевої копії вузла, що вийшов з ладу. Діапазон матеріалів, які можуть застосовуватися в адитивних технологіях на сучасному етапі практично безмежний. Це пластики, метали, деревина, будівельні суміші.

На сьогоднішній день існують 7 принципів 3D-друку:

- FDM (fused deposition modeling) — технологія, що передбачає видавлювання матеріалу шар за шаром через сопло-дозатор принтера.

- Технологія Polyjet, суть якої полягає в тому, що фотополімер маленькими дозами вистрелюється з тонких сопел, як при струменевому друку, і відразу полімеризується на поверхні девайса під впливом УФ випромінювання.

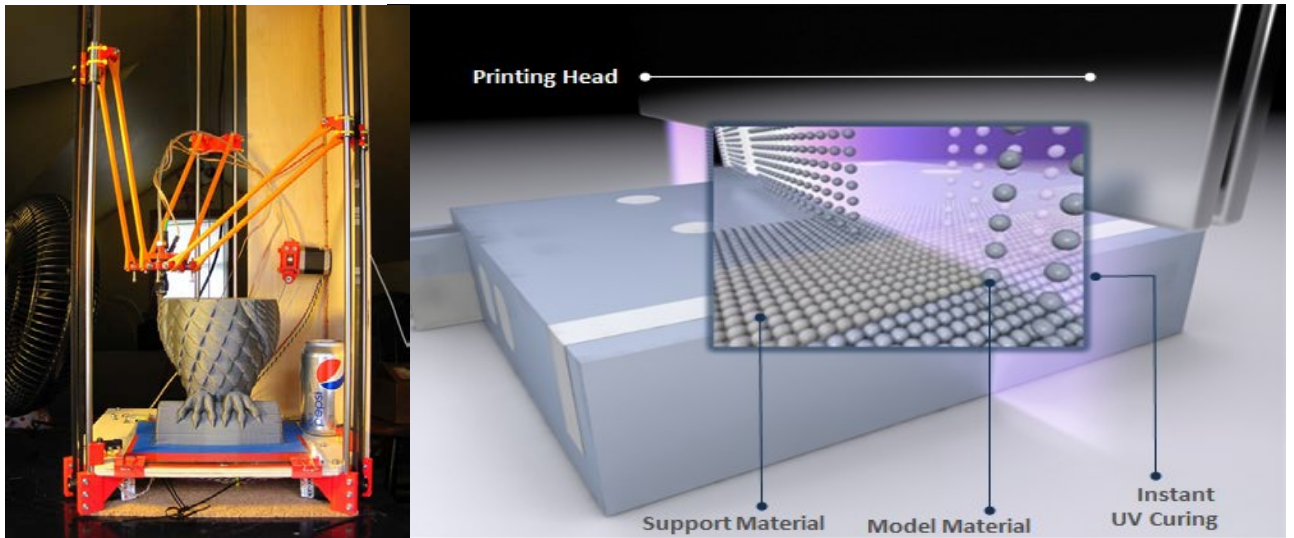


Рис. 1. Принтери для друку за технологіями FDM (ліворуч) та Polyjet



Рис. 2. Друк за технологією LENS

- LENS (LASER ENGINEERED NET SHAPING) Цей принцип передбачає, що матеріал у формі порошку видувається з сопла і потрапляє на сфокусований промінь лазера. Частина порошку пролітає повз, а та частина, яка потрапляє у фокус лазера, миттєво спікається і шар за шаром формує тривимірну деталь. Саме за такою технологією друкують сталеві і титанові об'єкти. Оскільки до появи цієї технології друкувати можна було тільки об'єкти з пластику, до 3D-друку серйозно ніхто не ставився, а ця технологія, відкрила двері для 3D-друку в «велику» промисловість.

Порошки різних матеріалів можна змішувати і отримувати таким чином сплави «на льоту». В якості приклада застосування можна навести друк титанових лопатей для турбін з внутрішніми каналами охолодження.

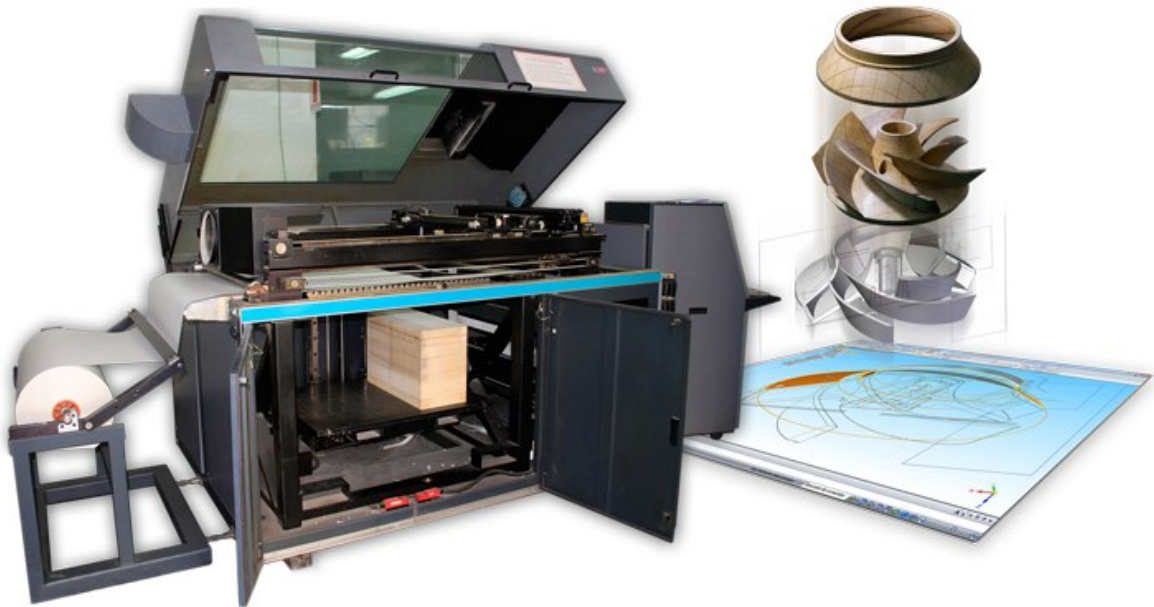


Рис. 3. Принтер для друку за технологією LOM

- LOM (laminated object manufacturing). Тонкі ламіновані листи матеріалу вирізаються за допомогою ножа або лазера і потім спікаються або склеюються в тривимірний об'єкт. Тобто укладається тонкий лист матеріалу, який вирізається по контуру об'єкта, таким чином виходить один шар, на нього укладається наступний лист і так далі. Після цього всі листи пресуються або спікаються. Таким способом друкують 3D моделі з паперу, пластику або алюмінію. Для друку моделей з алюмінію використовується тонка алюмінієва фольга, яка вирізається по контуру шар за шаром і потім спікається за допомогою ультразвукової вібрації.

- SL (Stereolithography) Стереолітографія. Промінь лазера проходить по поверхні рідкого полімера, що знаходиться в невеликій ванні, і в цьому місці полімер під впливом УФ полімеризується. Після того як один шар готовий, платформа з деталлю опускається, рідкий полімер заповнює пустоту, далі запікається наступний шар, і так далі. Іноді відбувається навпаки: платформа з деталлю піднімається вгору, лазер відповідно розташований знизу. Після друку таким методом, потрібна постобробка об'єкта - видалення зайвого матеріалу і підтримки, шліфування поверхні. Залежно від необхідних властивостей кінцевого об'єкта модель запікають у т. зв. ультрафіолетових духовках.

Переваги: точність до 10 мікрон, швидкість друку.

- LS (laser sintering) Лазерне спікання. Ця технологія має багато спільного з SL (стереолітографія), тільки замість рідкого фотополімеру використовується порошок, який спікається лазером. Перевага цього

принципу друку в тому, що зменшується імовірність того, що деталь зламається в процесі друку, тому що сам порошок виступає надійною підтримкою. Матеріали в порошковій формі можуть бути: бронза, сталь, нейлон, титан.



Рис. 4. LS (laser sintering) Лазерне спікання

7). 3DP (three dimensional printing). На матеріал в порошковій формі наноситься клей, який пов'язує гранули, потім поверх клеєного шару наноситься свіжий шар порошку, і так далі. На виході, як правило, виходить матеріал sandstone (схожий за фізичними властивостями на звичайний гіпс). Переваги: а) можливість друкувати кольорові об'єкти, додаючи різні фарби у клей;

б) відносна дешевизна та енергоефективність технології; в) можливість використовувати в домашніх умовах або в офісі; в) широкий асортимент матеріалів для друку: порошок скла, кістковий порошок, перероблена гума, бронза, дерев'яна тирса.



Рис. 5. 3DP (three dimensional printing).

Формулювання цілей. Ціллю даної роботи є виявлення можливостей застосування адитивних технологій в реставрації та відтворенні архітектурних об'єктів, а також поставлена задача показати ефект від їхнього застосування в сенсі якості реставраційних робіт, обсягів реставрації, економії часу, фінансів та вплив їхнього застосування на проблему збереження архітектурної спадщини в цілому. Це дозволить окреслити подальші напрямки розвитку і удосконалення адитивних технологій та посприяти їхньому впровадженню у практику реставрації архітектурних об'єктів..

Основна частина. Суть використання адитивних технологій в галузі реставрації полягає в тому, за цифровою моделлю об'єкта реставрації в поточному реальному стані, отриманою скануванням лазерним сканером, на основі історичних досліджень створюється виправлена, «відреставрована» 3D модель об'єкта у відповідній програмі 3D моделювання (Autodesk 3d Max, Autodesk AutoCAD). Відредагована модель імпортується в цифровий формат, зрозумілий для програм керування 3D-принтерами (формат STL) з необхідною для якісного друку точністю.

Отримана після друку модель використовується як майстер-модель для виготовлення форм під заливку архітектурним гіпсом. Отримана в результаті «ліпнина» монтується на об'єкті реставрації. За тим же принципом відтворюються деталі з металів.

Ця технологія була апробована на прикладі герба КПІ ім. Сікорського. Але ліпнина не сканувалася, а фотографувалася. Крім того, були виконані вимірювання необхідних розмірів. На основі цього було розроблено в AutoCAD модель герба (Рис. 6).

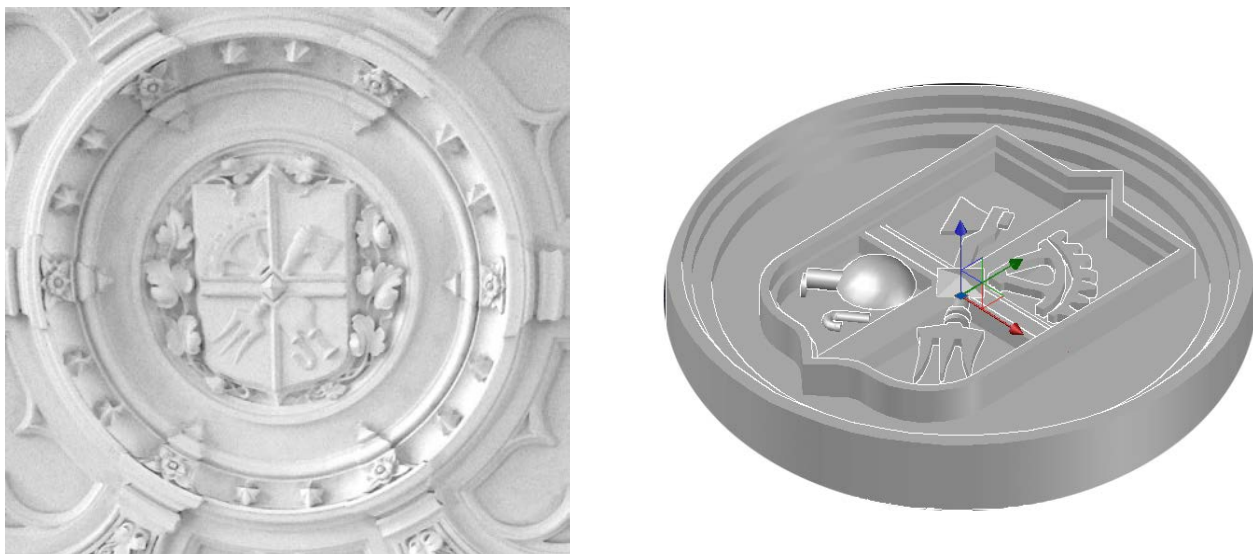


Рис. 6. Фотографія герба КПІ ім. Сікорського та цифрова модель створена в AutoCAD

Після експорту в формат для 3D-друку STL, на принтері Delta (FDM — видавлювання матеріалу шар за шаром через сопло-дозатор принтера) в лабораторії 3D-друку наукового парку КПІ ім. Сікорського було роздруковано майстер-модель герба (Рис. 7) для виготовлення форми та тиражування з потрібного матеріалу. Для друку використали матеріал полілактид (PLA, ПЛА), постобробка моделі з якого досить складна. Доцільною альтернативою може бути ударостійкий полістирол (HIPS), який розчинний в лимонені (розчин лимонної кислоти) і має низьку термоусадку - при 3D-друку великих деталей деламінація (розщеплення шарів) з цим матеріалом мінімальна.



Рис. 7. Майстер-модель з матеріалу PLA для виготовлення гербів з гіпсу чи інших матеріалів

Висновки. Загалом вказані вище переваги використання адитивних технологій в архітектурній реставрації вагомі. Подальший їх розвиток і вдосконалення піднімуть на новий рівень справу реставрації і значно розширять обсяги можливих для виконання робіт. Враховуючи високу автоматичність процесу, порівняну дешевизну та простоту у виконанні, це дозволить зберегти та відновити у первісному вигляді у десятки разів більшу кількість пам'яток архітектури, ніж це було можливе фізично та фінансово до появи адитивних технологій.

Бібліографічний список

1. Лазерне сканування / методичний посібник. – К.: ЗАТ Науково-виробниче підприємство НАВГЕОКОМ, 2006.
2. Прилади зчитування компанії Faro [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://faro.in.ua/focus3d.html>.
3. Лазерное сканирование [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ukrgeo.com.ua/ua/473/678>.
4. *Кедринский А. А.* Основы реставрации памятников архитектуры. Обобщение опыта школы ленинградских реставраторов. — М.: Изобразительное искусство, 1999. — 184 с. — ISBN 5-85200-119-8.
5. Энциклопедия 3D печати (Електронний ресурс) Доступ: http://3dtoday.ru/wiki/3dprint_metal/