

УДК 621.9

**Корбанюк О.Р., студент гр. 131м-23н-1****Науковий керівник: Дербаба В.А., к.т.н., доцент кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства***(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)*

### **ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ІЗ СКЛАДНОЮ ГЕОМЕТРІЄЮ ВНУТРІШНІХ КАНАЛІВ ПРИ АДИТИВНОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

На поточний момент широкого поширення набули 3Д принтери по металу. Найбільш придатними для професійного виробництва є SLS і SLM принтери. Вони забезпечують максимальну якість, точність виготовлення та продуктивність.

Суть процесу друку в обох технологіях полягає в пошаровому вибіркового спіканні металевому порошку під впливом одного або декількох лазерних променів. Роботи виконуються на основі математичних CAD моделі. Це дає змогу отримати металеві вироби складної просторової форми. Відмінність селективного лазерного спікання [Selective Laser Sintering (SLS)] від селективного лазерного плавлення [Selective Laser Melting (SLM)] лише у відсутності, у першому випадку, або наявності, у другому, фазового переходу (розплаву) під час утворення зв'язків між частинками порошку.

Мала товщина одиничного оброблюваного шару (до 0,1 мм) і вузькість променя (близько 0.06 мм) дає змогу створювати металеві вироби з внутрішньою структурою практично прецизійної точності та вражаючої складності.

Програмні пакети для створення CAD-моделей (як-то Autodesk Inventor, Solidworks тощо), на поточному рівні свого розвитку, так само володіють широкими можливостями не тільки для проектування, а й для моделювання, розрахунків і топологічної оптимізації. Отриману CAD-модель можна використовувати в програмах CFD-розрахунку (як-то Ansys, FlowSimulation, Fluent Design), що дають змогу оптимізувати конструкцію не тільки щодо міцності, а й щодо рівномірності протікання, змішування і тепловіддачі (теплопередачі). А такі програми, як Materialise Magics, допомагають провести аналіз кутів «нависання», друкуємістості та побудувати складні системи винесених і деревовидних технологічних підтримок.

Ці програми можна застосовувати в комплексі, за для поступового ітераційного оптимізування CAD моделі.

Уся сукупність перерахованого створює унікальну можливість для проектування деталей, що не мали раніше аналогів. Деталей зі складною внутрішньою структурою каналів множинного призначення.

Ці канали можуть виконувати різні функції.

Наприклад, канали для подачі охолоджувача. Для охолодження можуть бути використані рідини або газу, що протікають усередині стінок деталі, по системі каналів заданої геометрії, що забезпечує рівномірний або локалізований характер охолодження. Або навпаки це будуть канали теплообмінника, метою якого буде нагріти робоче тіло, що подається, і при цьому не досягти в локальних точках кипіння (або хімічного розкладання). А можуть стати розподіленою системою подачі, що забезпечує рівномірне змішування в робочому об'ємі, що включає або навпаки виключає функцію попереднього випаровування робочого тіла. І ще безліч інших функцій.

Однак проектування таких каналів пов'язане з чималими трудовитратами і несе в собі безліч непростих технологічних рішень і компромісів. Можна вказати три найбільш значущі складнощі під час їх проектування.

По-перше, всі внутрішні порожнини під час SLS і SLM залишаються заповненими не спеченим металевим порошком. А отже, вся структура каналів має або від самого

початку проектуватися з урахуванням вільного висипання останнього, або в технологію має бути включене хімічне промивання агресивними реагентами для видалення залишків металевої пудри.

По-друге, спечені точки шару не можуть лежати на неспеченій пудрі попереднього шару, вони просто проваляться в нього. Вони обов'язково мають торкатися спеченого матеріалу попереднього шару або елементів підтримок. А оскільки прибрати технологічні підтримки у внутрішніх порожнинах неможливо, то під час проектування слід ретельно контролювати утворення "нависаючих" елементів пошарового спікання.

По-третє, виконання попередніх двох пунктів, а також усіх конструкційних і робочих характеристик як основної деталі, що друкується, так і внутрішніх каналів є вельми нетривіальною і багатофакторною задачею, яка потребує десятків, а то й сотень ітерацій з послідовним знаходженням компромісу між «друкуємістю» деталі та вимогами до неї.

Однак, отриманий результат вартий усіх витрачених зусиль, а технологічність таких деталей перевершує всі доступні аналоги.

Як приклад на малюнках 1 наведено внутрішню структуру каналів вхідного патрубку газової турбіни. Данна система каналів виконує одразу і охолоджувальну, і теплообмінну, і розподільно-подавальну функцію для рідкого кисню. CAD модель зроблена в розрізі та з напівпрозорою текстурою для більшої наочності.

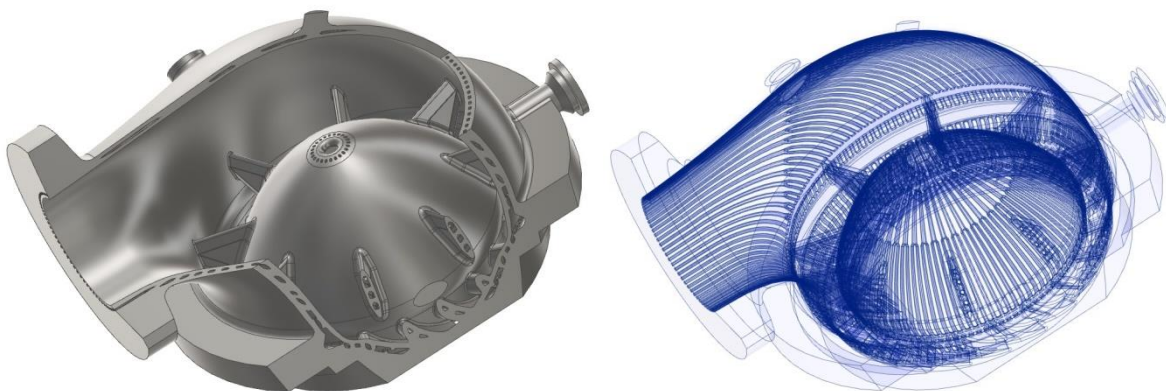


Рисунок 1 – Система внутрішніх каналів у металевому виробі, отриманому за допомогою адитивних технологій

### Перелік посилань

1. Проців В.В. Сучасні полімерні матеріали та технології в 3D-прінтингу / В.В. Проців, В.А. Козечко, В.А. Дербаба, О.О. Богданов// Збірник наукових праць НГУ. – Д.: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2021 – № 65 – С.107-117. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/65.107>

2. Дербаба, В.А., Григоренко, В.У. & Рубан, В.М. (2023). Розвиток елементів комп'ютерного програмування у складових наскрізних технологіях виготовлення механічного обладнання в машинобудуванні. *Збірник наукових праць НГУ. – Дніпро: Національний ТУ «Дніпровська політехніка», (72), 212-221.* <https://doi.org/10.33271/crpnmu/72.212>

3. <https://www.materialise.com/en/industries>