

УДК 681.6-023.5

Гардамала М. – ст. гр. МГ-200

ВСП «Тернопільський фаховий коледж ТНТУ ім. І. Пулюя»

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СТРУКТУРИ ВНУТРІШНЬОГО ЗАПОВНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПРИ АДИТИВНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Науковий керівник: к.т.н., Кобельник О. С.

Hardamala M.

Separate Structural Subdivision «Ternopil Professional College of Ternopil Ivan Puluj National Technical University»

JUSTIFICATION OF INFILL PATTERN SELECTION FOR ADDITIVE MANUFACTURING OF MACHINE PARTS

Supervisor: Kobelnyk O.

Ключові слова: адитивні технології, МСЕ, напружено-деформований стан, гіроїд, анізотропія.

Keywords: additive technologies, FEM, stress-strain state, gyroid, anisotropy.

Сучасне машинобудування активно впроваджує FDM-друк. Проте, з позицій опору матеріалів, надрукована деталь є ортотропною композитною структурою з вираженою механічною анізотропією (міцність між шарами значно нижча, ніж у площині друку) [1]. Тому головною задачею є оптимізація топології деталі шляхом раціонального вибору макроструктури внутрішнього заповнення (infill).

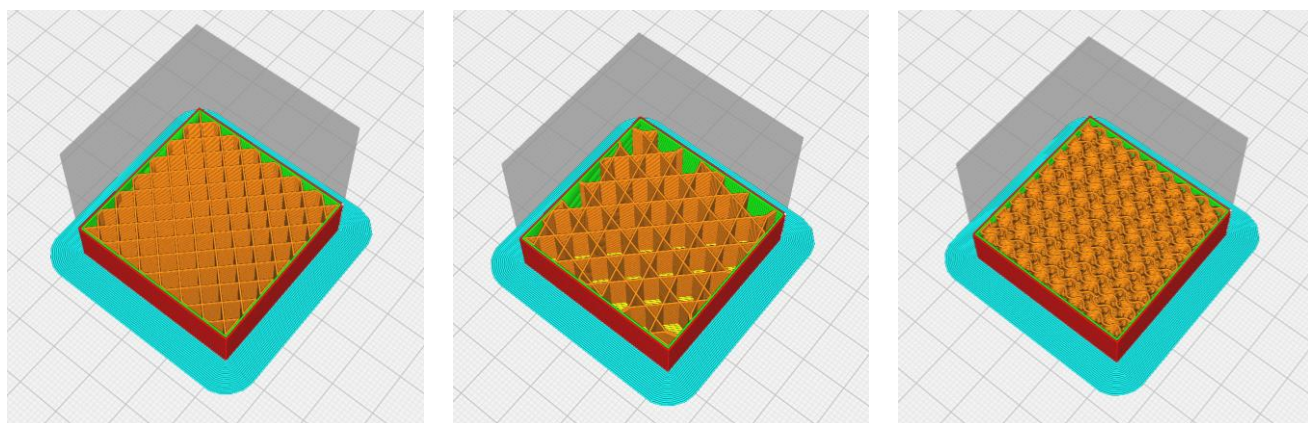
Мета роботи — порівняльний аналіз напружено-деформованого стану (НДС) полімерних деталей із різними типами заповнення при дії складного опору.

Для опису механічної поведінки FDM-структур застосовується модель комірчастих матеріалів Л. Гібсона та М. Ешбі [2]. Ефективний модуль пружності E_{eff} описується степеневою залежністю:

$$E_{eff} = C_1 \cdot E_s \left(\frac{\rho^*}{\rho_s} \right)^n \quad [2]$$

де E_s — модуль пружності суцільного (монолітного) полімеру (наприклад, для PETG $E_s \approx 2000$ МПа); ρ та ρ_s — густина комірчастої структури та суцільного матеріалу відповідно; C_1 та n — константи, що залежать від геометричної архітектури комірки (для гіроїдних структур $n \approx 1.2$, для лінійних $n \approx 1.5$ у поперечному напрямку).

Візуалізацію макроструктури виконано у програмному середовищі підготовки G-коду. Для всіх зразків зафіксовано оптимальну об'ємну частку заповнення 20% (базове сопло 0,4 мм, висота шару 0,2 мм).



а) Grid

б) Honeycomb

в) Gyroid

Рис. 1. Топологія досліджуваних структур: а) Grid (лінійна); б) Honeycomb (гексагональна); в) Gyroid (гіроїдна)

Для оцінки НДС за критерієм Мізеса доцільно спиратися на результати досліджень методом скінченних елементів (МСЕ) [3]. У структурі типу Grid (лінійна) виникають значні локальні максимуми напружень у зонах сполучення внутрішніх ребер із зовнішньою оболонкою через різку зміну жорсткості під кутом 90° .

Натомість застосування структури Gyroid (тричі періодична мінімальна поверхня) дозволяє знизити максимальні еквівалентні напруження σ_{max} на 18-22% при ідентичній масі деталі. Завдяки неперервній кривизні стінок, гіроїд працює як просторовий розподілювач напружень, ефективно нівелюючи вплив анізотропії та трансформуючи нормальні напруження згину у дотичні напруження зсуву [3].

Висновки. 1. Розрахунок міцності 3D-надрукованих деталей вимагає врахування анізотропії та переходу до моделей комірчастих тіл.

2. За результатами КЕ-аналізу, для деталей, що працюють в умовах складного опору, оптимальним є гіроїдне заповнення, яке знижує пікові напруження на $\sim 20\%$ та формує квазіізотропні властивості.

3. Гексагональне заповнення залишається доцільним для елементів, що зазнають переважно одноосового стиску.

Література:

1. Опір матеріалів : підручник / за ред. Г. С. Писаренка. — Київ : Вища школа, 2004. — 655 с.: <https://share.google/kJAffGJKfHT5QvBDx>
2. Gibson L. J., Ashby M. F. Cellular Solids: Structure and Properties. — Cambridge University Press, 1997. — 510 p. — DOI: https://www.google.com.ua/books/edition/Cellular_Solids/IySUr5sn4N8C?hl=uk&gbpv=1
3. Дослідження напружено-деформованого стану FDM-структур методом скінченних елементів / Сучасні проблеми механіки. — 2023. — Вип. 12. — С. 45-52. — Режим доступу: <http://bulletin.khadi.kharkov.ua/article/view/291943>