

УДК 62-03

Уляна Підковинська<sup>1</sup>, Кріс Питерс<sup>2</sup>

<sup>1</sup> асп., НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> проф., KU Leuven

## **ВПЛИВ ОРІЄНТАЦІ ВОЛОКОН НА ВЛАСТИВОСТІ НАДРУКОВАНОГО ПОЛІМЕРУ**

Технології 3D-друку, засновані на екструзії матеріалів, такі як виготовлення методом наплавлення нити (FFF) і моделювання методом наплавлення (FDM), являють собою виробничі процеси, при яких твердий термопластичний матеріал екструдується через гаряче сопло. В'язкий матеріал твердне на пластині, що дозволяє створювати деталі з розмірною точністю близько 100 мкм .

Метою даної роботи була підготовка і дослідження композитів з різною армуючою орієнтацією вуглецевих волокон, отриманих з використанням безперервного армованого волокнами термореактивного термопластичного

(CFRTSTP) композитного волокна. Традиційний однонаправлений 3D друк має проблему витримування сили, що додається в напрямку  $\theta$ , через склад шарів. Введення додаткової орієнтації друку  $(90-\theta)^\circ$  може збільшити усталостную довговічність, оскільки кожен шар в напрямку оригіналу  $\theta$  буде підтримуватися шаром в напрямку  $(90-\theta)^\circ$ , протидіючи, таким чином, прикладеною сили.

В роботі використовуються технології адитивного виробництва і пластика армованого вуглецевим волокном (CFRP). В якості матеріалу для 3D-друку був використаний ПЕТГ + термореактивне вуглецеве волокно.

У даній роботі було вивчено, як різна орієнтація армуючих волокон впливає на властивості міцності. Видно, що після 3D-друку розмір вуглецевого волокна збільшився за рахунок додавання в нього поліетилентерефталату (ПЕТГ) (рис.1).

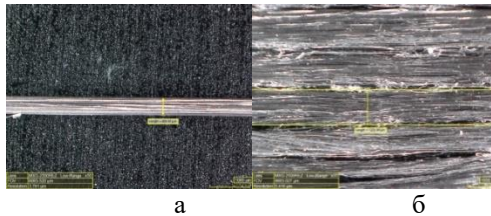


Рисунок 1 – Зображення розміра вуглецевого волокна до 3D друку (а) і 3D друку (б).

На рисунку ми бачимо, що наш матеріал володіє анізотропними властивостями. Необхідно також враховувати, що на утворення властивостей анізотропної структури впливає цілий ряд факторів, в тому числі характер матриці і волокон, температурні умови утворення, рівень міжфазної взаємодії та інші.

На рисунку 2 показана морфологія поверхні руйнування за результатами випробувань на розтяг композиту зі змішаною орієнтацією волокон.

Скануючий електронний мікроскоп (СЕМ) показав сліди відклеювання вуглецевого волокна, розщеплення вуглецевого волокна, пошкодження полімерної матриці і слабкі міжфазні зв'язки між волокнами і матрицями. Це пов'язано зі зниженням міцності на розтягнення полімерних композитів.

Композитні матеріали, армовані волокнами, при оптимальному розподілі напрямку волокна паралельно напрямку навантаження, забезпечили найбільше значення межі міцності на розтяг. Міцність композиту буде

зменшуватися зі зміною орієнтації волокна, якщо структура напрямки руху волокна одночасно наближається до протилежного напрямку або перпендикулярна, як це відбувається в композитному матеріалі з орієнтацією волокна від 15° до 90°. Це підтверджується отриманим результатом.

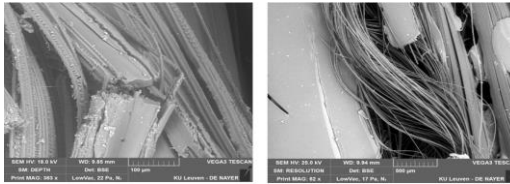


Рисунок 2 – Морфологія поверхні руйнуванн зразка після випробування на розтяг

При куті орієнтації волокна 90° на збільшення межі міцності композиту на розтягнення (7,86 МПа) це фактично знижує межу міцності на розтяг в порівнянні з композитами з орієнтацією волокна при 0° (337,03 МПа). При кутах орієнтації волокон більш  $\pm 45^\circ$  подовження композиту зменшується. При орієнтації волокон під кутом 0° подовження становить 0,068 [мм], а при 45°, 60°, 90° – 0,028 [мм], 0,026 [мм], 0,01 [мм] відповідно. Композит зі змішаною орієнтацією волокна 60°/-60°, 45°/-60°, 60°/-45°, 30°/-45°, 45°/-30° показав кращі результати, ніж композит з орієнтацією волокна 45°, 60°, 90° за рахунок зменшення кількості зазорів в кожному наступному шарі і більш рівномірного розподілу навантаження по всьому шару.