

ВИБІР І РАНЖУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗМІННИХ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПЕРЕРОБКИ НАПОВНЕНОГО ПОЛІПРОПІЛЕНУ НА ОСНОВІ МЕТОДОЛОГІЇ RSM

Кирило Артеменко, Вікторія Плаван

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
artemenko.kv@knuud.edu.ua

Високонаповнені композити на основі поліпропілену із сполуками кремнію характеризуються поєднанням високої міцності та термостійкості, однак їх переробка й утилізація ускладнені через значну частку неорганічного наповнювача. У цьому випадку підвищення екологічності розглядається не з точки зору складу полімеру, а як оптимізація технологічного процесу. Зменшення кількості відходів і питомих енерговитрат, стабілізація параметрів потоку та регулювання реологічних характеристик екструдату є основними напрямками удосконалення процесу. Для аналізу взаємозв'язків між змінними та показниками ефективності застосовано метод поверхні відгуку (Response Surface Methodology, RSM) [1]. На початковому етапі визначено систему відгуків: частку технологічних відходів, питоми енерговитрати, текучість розплаву та інші параметри процесу. Вибір саме таких параметрів обумовлений їхнім прямим зв'язком із втратами матеріалу, енергії та стабільністю процесу.

Об'єктом аналізу є виробництво композиту на комбінованому черв'ячно-дисковому екструдері. Змінні процесу умовно поділено на хімічні та машинні, як такі, що відображають матеріалозумовлену й апаратну складові процесу. До хімічної групи належать вміст і тип діоксиду кремнію, розмір частинок, ступінь поверхневої обробки силаном, показник текучості розплаву поліпропіленової матриці та вологість композиції. Ці чинники визначають диспергованість наповнювача, структуру композиту й в'язкість розплаву, що впливає на стабільність потоку та кількість відходів. Машинна група охоплює температуру циліндра, частоту обертання дисково-черв'ячного вузла, робочий зазор у дисковій секції та фільтри [2]. Вони формують умови зсуву, гідродинаміку потоку й рівень гомогенізації розплаву. Масова подача розглядається як контрольований, але не варійований параметр. В методології RSM кількість незалежних змінних обмежується до п'яти–шести, оскільки збільшення їх числа різко підвищує кількість експериментів [1]. Аналіз літератури і попередніх досліджень показує, що найбільший вплив на питоми енерговитрати, відходоутворення та стабільність подачі розплаву мають вміст і поверхнева обробка SiO₂, температура та частота обертання екструдера [1,3]. Їх взаємодія визначає рівень гомогенізації та зміну в'язкісних властивостей полімеру в зоні змішування. На цьому етапі сформовано набір змінних і відгуків, що відображають екологічні та технологічні аспекти процесу і будуть використані для побудови моделі RSM. Наступним кроком є розроблення дизайн-матриці типу Central Composite Design для експериментальної перевірки впливу ключових факторів і побудови поверхонь відгуку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Myers R.H., Montgomery D.C., Anderson-Cook C.M. Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments. Wiley, 2016.
2. Мікульюнок І.О., Радченко Л.Б. Моделювання дискових екструдерів для перероблення полімерних матеріалів. К.: НТУУ «КПІ», 2015.
3. Yan, S.; Tang, Y.; Bi, G.; Xiao, B.; He, G.; Lin, Y. Optimal Design of Carbon-Based Polymer Nanocomposites Preparation Based on Response Surface Methodology. Polymers 2023.