

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Поліщука Андрія Олеговича

на тему: «Удосконалення обладнання тривимірного друку для виготовлення деталей та виробів легкої промисловості»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії
з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю
133 «Галузеве машинобудування».

Актуальність теми дисертаційної роботи

В сучасних умовах розвитку галузевого машинобудування спостерігаються постійні виклики та вимоги, що виникають у зв'язку зі зростанням конкуренції на ринку, які зумовлені швидким прогресом у технологіях та підвищенням вимог споживачів. Виробники технологічного обладнання постійно шукають нові рішення, які б дозволили підвищити продуктивність, покращити якість продукції, зменшити витрати та оптимізувати виробничі процеси. У зв'язку з цим, розвиток наукових підходів до розробки новітнього обладнання для галузевого машинобудування, або удосконалення існуючого, є надзвичайно актуальною задачею.

Обладнання легкої промисловості є одним із напрямків галузевого машинобудування, яке впливає на розвиток широкого спектру галузей економіки. На сучасному етапі розвитку технологій виробництва набуває значної актуальності впровадження новітнього устаткування, яке використовує інноваційну технологію тривимірного друку. Це особливо важливо для легкої промисловості, зокрема для швейної та взуттєвої. Використання новітніх технологій адитивного виробництва стає все більш поширеним у виробничих процесах, що відкриває шлях до прискорення процесу створення нових виробів, зменшення витрат та підвищення гнучкості підприємства.

Широке використання шнекових екструдерів в обладнанні тривимірного друку, яке використовує як вихідну сировину гранули чи подрібненні полімерні відходи, відкриває нові перспективи для зменшення витрат на матеріали та вирішення проблем, пов'язаних з їхньою утилізацією.

Актуальність теми дисертації полягає у потребі підприємств легкої промисловості у вдосконаленні та оптимізації виробничих процесів, а також у впровадженні новітнього устаткування та технологій, спроможних вирішити ряд

ключових проблем, таких як підвищення якості та конкурентоспроможності готової продукції.

Представлена робота націлена на науково-технічне вдосконалення обладнання для тривимірного друку з метою виготовлення деталей та виробів легкої промисловості. Результати проведених досліджень мають значний практичний внесок у розвиток технологічного устаткування в галузі легкої промисловості і відкривають нові перспективи для підприємств у цьому секторі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота Поліщука А.О. виконувалась в рамках загальної наукової тематики Хмельницького національного університету і наукового напрямку кафедри машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем на 2020-2025 рр. «Наукові та практичні основи проєктування високоефективних приводів і машин легкої промисловості». Крім цього, здобувач був виконавцем роботи, пов'язаної з дисертаційним дослідженням, у рамках договору про творчу співдружність між ПП «Кредо» та Хмельницьким національним університетом: «Розробка обладнання для рециклінгу полімерних відходів взуттєвого виробництва» (№ 02-2021ТС, номер державної реєстрації 0121U110126), 2021-2024 р.р.

Формулювання наукової задачі, мети та задач дослідження

У результаті виконання дисертаційної роботи було розв'язано актуальну науково-технічну задачу удосконалення обладнання тривимірного друку для виготовлення деталей та виробів легкої промисловості.

Метою дисертаційної роботи було удосконалення обладнання тривимірного друку за рахунок встановлення шнекового екструдера, що використовує гранули чи подрібнені відходи полімерів у якості вихідної сировини для виготовлення деталей та виробів легкої промисловості.

Поставлену мету було досягнуто в результаті розв'язання наступних основних завдань:

1. Удосконалено узагальнену класифікацію 3D-принтерів, проведено аналіз екструзійних систем подачі полімерного матеріалу та обладнання в якому вони використовуються, здійснено вибір екструдера для виготовлення деталей та виробів легкої промисловості.

2. Аналітично досліджено основні параметри бункера, шнека, сопла та визначено об'ємну продуктивність, тиск в зонах живлення і дозування шнекового екструдера з метою встановлення його споживаної потужності.

3. Проведено аналіз існуючих конструкцій сопел, що застосовуються в 3D-принтерах, їх характеристик та сумісності з шнековим екструдером на основі чого розроблено нові конструкції насадок.

4. Розроблено шнековий екструдер, що використовує гранули чи подрібнені відходи полімеру в якості вихідної сировини та синхронізовано його роботу з обладнанням тривимірного друку.

5. Розроблено ефективну систему охолодження екструдера обладнання тривимірного друку, що запобігає перегріву полімерного матеріалу в завантажувальному бункері та підтримує стабільність процесу виготовлення деталей і виробів легкої промисловості.

6. Здійснено експериментальне дослідження подрібнених полімерних відходів, які використовуються як вихідна сировина для шнекового екструдера обладнання тривимірного друку з метою визначення їх фізико-механічних характеристик та отримано аналітичні залежності, що описують зв'язок насипної густини матеріалу від діаметру подрібнених часток полімеру.

7. Експериментально визначено об'ємну продуктивність шнекового екструдера обладнання тривимірного друку та на основі цього отримано регресійні моделі, що пов'язують продуктивність пристрою з діаметром подрібнених часток полімеру, частотою обертання шнека та температурою їх плавлення.

8. Здійснено експериментальне дослідження фізико-механічних характеристик зразків, надрукованих на обладнанні тривимірного друку зі шнековим екструдером із гранул та подрібнених відходів полімерів та надано рекомендації щодо його практичного використання для виготовлення деталей і виробів легкої промисловості.

Наукова новизна

У дисертаційній роботі Поліщука А.О. сформульовано та обґрунтовано ряд положень, висновків і пропозицій, які відзначаються науковою новизною.

В роботі вперше отримано аналітичні залежності, що враховують залежність об'ємної продуктивності шнекового екструдера від основних параметрів: діаметра подрібнених полімерних відходів, частоти обертання шнеку та температури плавлення полімеру для двох видів пластиків – ABS та TPU, що дає змогу оптимізувати процес виготовлення деталей та виробів легкої промисловості.

В дисертації автором запропоновано аналітичну методику визначення основних параметрів шнекового екструдера обладнання тривимірного друку, яка

включає розрахунок коефіцієнта опору сопел, об'ємної продуктивності, тиску в шнековому каналі, потужності приводу, що дає можливість оптимізації конструктивних елементів екструзійного устаткування.

В дисертаційній роботі розроблено нову систему охолодження шнекового екструдера обладнання тривимірного друку з використанням теплового бар'єру і повітряного обдуву та досліджено у системі інженерного аналізу SOLIDWORKS Simulation розподіл температур в різних його зонах, що запобігає перегріву полімерного матеріалу в завантажувальному бункері та підтримує стабільність процесу виготовлення деталей і виробів.

Автором здійснено дослідження характеристик подрібнених полімерних відходів, як вихідної сировини для шнекового екструдера обладнання тривимірного друку та побудовано регресійну модель залежності насипної густини від діаметра часток, які є важливими для розрахунку тиску в зоні живлення екструдера.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Поліщука А.О. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» та напрямкам досліджень відповідно до освітньо-наукової програми «Галузеве машинобудування», що реалізується у Хмельницькому національному університеті.

Наукові положення, висновки та рекомендації дисертації обґрунтовані використанням адекватних щодо поставлених завдань методів дослідження.

Достовірність теоретичних положень дисертації ґрунтується на застосуванні сучасних положень фізики і механіки полімерів, теорії математичного моделювання, теорії переробки полімерних матеріалів, механіки твердого тіла, а також шляхом використання верифікованих чисельних методів, реалізованих у сучасній системі інженерного аналізу SOLIDWORKS Simulation.

Експериментальні результати ґрунтуються на достовірних методах визначення температури шнекового екструдера; механічних характеристик на розтяг надрукованих на 3D-принтері зразків матеріалів.

Для обробки результатів досліджень та визначення об'ємної продуктивності шнекового екструдера обладнання тривимірного друку застосовувались методи багатofакторного планування експерименту та математичної статистики.

Практичне значення отриманих результатів

Для практичного використання автором дисертації запропоновано обладнання тривимірного друку з шнековим екструдером, що використовує гранули чи відходи полімерних матеріалів в якості вихідної сировини для виготовлення деталей та виробів легкої промисловості. Це устаткування захищено патентом України на корисну модель («Екструдер для перероблення полімерних матеріалів» – пат. України №142922).

З метою виготовлення деталей та виробів методом 3D-друку автором запропонована інноваційна технологія, що містить усі необхідні етапи для запуску виробництва – від підбору і тестування сировини до випробувань надрукованих готових виробів чи деталей легкої промисловості.

Розроблено рекомендації та виготовлено експериментально-промислові зразки обладнання тривимірного друку, які впроваджено на підприємствах ПМП «Вітнел» (м. Хмельницький), ПП «КМ-Поділля» (м. Хмельницький) та ТОВ «Спарк-Швейне обладнання» (м. Хмельницький), а також у навчальному процесі кафедри машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем Хмельницького національного університету, про що свідчать акти впровадження, наведені у додатку до дисертаційної роботи.

Застосування цього устаткування на зазначених підприємствах дало змогу оновити матеріально-технічну базу, вирішити питання створення об'ємних полімерних зображень на одязі та взутті, утилізації пластикових відходів та виготовлення замінних деталей для швейного обладнання.

Особистий внесок здобувача

Наукові положення сформульовані автором самостійно та відображають його особистий внесок. За результатами проведених досліджень, основні наукові результати опубліковано у 38 публікаціях, з яких: 13 наукових статей у фахових наукових журналах з переліку МОН України (4 – одноосібно); 2 статті, що індексовані у наукометричній базі Scopus, 1 патент України на корисну модель. В дисертаційній роботі для всіх статей у співавторстві зазначено конкретний особистий внесок здобувача. Апробація матеріалів дисертаційної роботи засвідчена публікаціями 16 праць в матеріалах всеукраїнських та міжнародних конференцій.

Для тексту дисертації була проведена перевірка на наявність плагіату за допомогою ліцензованої програми Unicheck, результати якої засвідчили, що дисертаційна робота Поліщука А.О. є результатом самостійних досліджень

здобувача і не містить елементів плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Структура та обсяг дисертації

Дисертаційна робота складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку літератури і додатків. Основний текст роботи викладений на 179 сторінках друкованого тексту, ілюстрований 134 рисунками та 12 таблицями. Список літератури включає 128 найменувань. Дисертація виконана державною мовою. Стиль дисертації відповідає вимогам, що висуваються до наукових праць такого рівня, відзначається логічністю, послідовністю, системністю та обґрунтованістю. Структура дисертації цілком узгоджується з її назвою, метою і завданнями дослідження.

Зауваження

1. В роботі зазначено, але не наведено етапів моделювання з використанням системи інженерного аналізу SOLIDWORKS Simulation для нагрівального блоку і механізму приводу шнека обладнання тривимірного друку.

2. В дисертаційній роботі вказано, що в якості робочого органу використовуються шнек із змінним кроком та постійною глибиною гвинтового каналу і шнек з постійним кроком та глибиною гвинтового каналу. Чому не використовуються шнеки із змінним кроком та змінною глибиною гвинтового каналу, які теж застосовуються в екструдерах для переробки полімерних матеріалів. Різні ділянки змінного кроку можуть мати різну температуру, що дозволить оптимізувати процес температурного регулювання в залежності від властивостей полімерного матеріалу та вимог до кінцевого виробу.

3. В дисертаційній роботі відсутнє практичне використання запропонованої конструкції формуючого пристрою з дорном та збільшеним вихідним отвором шнекового екструдера із шнеком діаметром більше 10 мм для прискорення виготовлення великих деталей.

4. Чому у кінцевій формулі (4.18) регресійної моделі отримана залежність є виразом квадратичного порядку?

5. В дисертації не обґрунтовано, чому для подрібнення полімерних відходів легкої промисловості та тих, що виникають в процесі 3D-друку, було використано саме шредер з одним валом, а не іншої конструкції?

Слід зауважити, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову цінність та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Загальний висновок

Дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Поліщука А.О. «Удосконалення обладнання тривимірного друку для виготовлення деталей та виробів легкої промисловості» є завершеною науковою роботою, в якій розв'язана важлива як в науковому, так і в практичному відношенні задача розробки новітнього обладнання для галузі знань 13 «Механічна інженерія». За новизною отриманих результатів та ступенем їх обґрунтованості дисертація повністю відповідає вимогам п. 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» від 12 січня 2022 р. №44, а її автор, Поліщук Андрій Олегович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» галузі знань 13 «Механічна інженерія».

Рецензент:

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри галузевого
машинобудування та
агроінженерії Хмельницького
національного університету

23.04.2024р.

В'ячеслав ХАРЖЕВСЬКИЙ

Підпис професора

В'ячеслава ХАРЖЕВСЬКОГО

засвідчую

Проректор з наукової роботи

Хмельницького національного

університету



23.04.2024р.

Олег СИНЮК