

відносно базової колісної машини збільшується та Δz має позитивне значення. І навпаки, якщо бронюється днище колісної машини Δz має негативне значення.

Таким чином, проведено візуальне 3D-моделювання розміщення бронеелементів на корпусі колісної машини (захист від дронів, захист від мін) та отримані залежностей зміни положення центру мас від розташування броньованих листів.

Кавуля Іван Валерійович, бакалавр, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, nss_delcam@khadi.kharkov.ua

Дудукалов Юрій Володимирович, к.т.н, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, nss_delcam@khadi.kharkov.ua

Власов Ярослав Олексійович, студент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, nss_delcam@khadi.kharkov.ua

3D-ПРИНТЕРИ ДЛЯ БЕЗДЕФЕКТНОГО FDM-ДРУКУ З МОДИФІКАЦІЄЮ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ПОЛЕМ ВИРОБІВ ІЗ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Завдяки адитивним технологіям є можливість виробляти складні і високотехнологічні вироби. Ці технології широко використовуються для створення моделей в машинобудуванні, архітектурі, будівництві, промисловому дизайні, а також в автомобільній, аерокосмічній, військово-промисловій та медичній галузях, в освіті, географічних інформаційних системах і багатьох інших сферах людської діяльності.

Забезпечення умов бездефектного FDM-друку будується на врахуванні термомеханічних властивостей полімерних матеріалів. Відомо, що при низьких температурах полімер веде себе як скло, тобто знаходиться в склоподібному стані. Це демонструє залежність деформації полімерів від температури [1, 2]. Саме термомеханічні залежності формують в значній мірі механізм виникнення дефектів. Шляхом вимірювання деформації зразка аморфного полімеру при різних температурах можна побудувати залежність деформації від температури, і на цій кривій виділити чотири області при збільшенні температури з такими особливостями [3].

Область 1 – сегменти не переміщуються, макромолекули не змінюють форму клубків.

Область 2 – перехідна, що характеризується температурою силування, деформація збільшується і досягає декількох десятків або декількох сотень відсотків.

Область 3 – еластичний стан в якому полімер легко деформується і повертається у вихідний стан, сегменти переміщуються, вузли флуктуаційної сітки руйнуються і утворюються нові вузли.

Область 4 – значне зміщення сегментів, які не можуть перейти у вихідне положення, а формується деформація в'язкої течії.

Релаксаційні процеси в полімерах відбуваються не лише під впливом теплових рухів, а також під впливом модифікування і навантаження. При цьому

сегмент накопичує сумарний запас теплової і механічної енергії, достатній для подолання потенціального бар'єру. Саме тому одним з ефективних шляхів забезпечення бездефектності і зміцнення виробів є застосування високочастотного електромагнітного імпульсного поля. Таким чином, FDM-технологія з додатковим впливом високочастотного електромагнітного імпульсного поля має потенціал для розвитку і впровадження у виробництві, характеризується різноманіттям матеріалів, легкістю і відносною дешевизною. Забезпечення якості і бездефектності в адитивних технологіях є актуальною проблемою, яка поки не має відповідного теоретичного і практичного розроблення.

Проведені дослідження дозволили запропонувати нову конструкцію 3D-принтера з модулем оброблення полімерного матеріалу виробу високочастотним електромагнітним полем для модифікації і додаткового зміцнення. Ці модулі можуть діяти безпосередньо під час формування комбінованим 3D-друком виробів або програмуватися в циклах для виконання роботизованих рухів підсистемами комп'ютерного управління 3D-принтером по єдиній управляючій програмі [4].

Такий спосіб комбінованого 3D-друку виробів забезпечує підвищення продуктивності, адгезійну міцність з'єднання між початковими шарами полімерного матеріалу і робочого столу і когезійну міцність між подальшими шарами полімерного матеріалу, розширення технологічних можливостей застосуванням різних полімерних композиційних матеріалів.

3D-принтер для комбінованого друку виробів працює таким чином. Локальні пристрої електромагнітного впливу, що виконані в одному блоці з друкарською головкою забезпечують необхідну адгезійну міцність з'єднання між початковими шарами полімерного матеріалу і робочим столом, а також когезійну міцність між подальшими шарами полімерного матеріалу шляхом суміщення процесів екструзування розігрітого термопластичного полімеру з його модифікуванням імпульсним високочастотним електромагнітним полем, яке локалізується в друкарській головці і в зоні укладки шару.

Завдяки суміщенню не витрачається час на окремий технологічних перехід для підвищення міцності виробу. Причому для забезпечення адгезійної міцності використовується імпульсний високочастотний (400 – 500 КГц) електромагнітний вплив з амплітудним значенням магнітної індукції до 4,0 – 4,5 Тл, а когезійна міцність забезпечується використанням імпульсного високочастотного (250 – 400 КГц) електромагнітного впливу з амплітудним значенням магнітної індукції до 3,0 – 4,0 Тл. Живлення локальних пристроїв електромагнітного впливу здійснюється від блоку живлення.

Також 3D-принтер оснащений маніпулятором зі схватом. Завдяки цьому можливо додатково виконувати укладку в підготовлені конструктивні «кармани», наприклад, елементів армування, металевих підсилювачів, готових плит, вставок з різних полімерних матеріалів та інших деталей, що завантажуються на нумеровані позиції магазину додаткових елементів. Наступними проходами друкарської головки виконується «зарощування» цих елементів з відповідним

модифікуванню полімерного матеріалу. Завдяки цьому розширюються технологічні можливості 3D-принтеру, підвищується продуктивність його роботи.

Управління 3D-принтером для комбінованого друку об'єктів здійснюється по управляючій програмі від блоку управління, а необхідне супроводження забезпечує блок відображення інформації і зовнішньої пам'яті.

Таким чином, 3D-принтер для комбінованого друку об'єктів має високу продуктивність роботи завдяки локальним пристроям впливу імпульсним високочастотним електромагнітним полем для забезпечення необхідних значень адгезійної і когезійної міцності, застосуванню маніпулятора з захватом і магазином додаткових елементів, і є новим конкурентоспроможним технічним рішенням.

Перелік посилань

1. Шидловський М.С. Нові матеріали: Частина 1 – Структура і механічні властивості конструкційних полімерів та пластмас. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 192 с.

2. Holmes L.R. Research Summary of an Additive Manufacturing Technology for the Fabrication of 3D Composites with Tailored Internal Structure / L.R. Holmes, J.C. Riddick // JOM. – 2014. - Vol. 66. - Iss. 2. – P. 270 – 274.

3. Технології 3D-друку, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ixbt.com/printer/3d/3d_tech.shtml. – Дата доступу: 20.04.2024.

4. Дудукалов Ю.В., Глушкова Д.Б., Багров В.А., Сорокін В.Ф., Степанюк А.І., Тернюк М.Е. «3D-принтер для комбінованого друку об'єктів» № и 202107787 від 03.08.2022, Бюл.№ 31.

Полянський Олександр Сергійович, д-р техн. наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, khadi.pas@gmail.com

Молодан Андрій Олександрович, д-р техн. наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, and_1979@ukr.net

Полтавський Микола Володимирович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Белов Дмитро Олегович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Соколовський Олег Валентинович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Шульга Максим Юрійович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ПРОГНОЗУВАННЯ НАДІЙНОСТІ КОЛІСНИХ МАШИН ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ПОТОЧНОГО КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ

На ефективність експлуатації колісних машин суттєво впливає наявність дефектів в деталях, що виникають після тривалої роботи та призводять до виникнення складних відмов.