

На рис. 1. наведено виготовлені деталі студентами 3 курсу групи ПМ-20 Економіко-технологічного інституту імені Роберта Ельворті.



Рис. 1 – Деталі отримані за допомогою 3D-друку: а) болт та гайка; б) електричний лічильник

Список посилань

1. Муравйов О. В. Сучасний стан та перспективи розвитку адитивних технологій / О. В. Муравйов, Ю. М. Нижник, В. Ф. Петрик, А. Г. Протасов, К. М. Серий // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки, 2021. – Том 32 (71). – № 5. – С. 114-119.
2. Андрощук Г. О. Адитивні технології: перспективи і проблеми 3D-друку / Г. О. Андрощук // Наука, технології, інновації. – 2017. – № 1 (1). – С. 68-77.
3. Пасічник В. А. Стан і перспективи адитивного виробництва / В. А. Пасічник / Резание и инструменты в технологических системах, 2018. – № 89. – С. 134-140.

УДК 621.715.4

Олійник С.Ю., канд. техн. наук

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ,
dgma.tm.su.oleynik@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МАГНІТОМ'ЯКИХ ЕЛАСТОМЕРІВ В ВУЗЛАХ ПРИСТОСУВАНЬ

Основні проблеми базових поверхонь тонкостінних великогабаритних оболонок є похибки форми, що впливає на динамічні характеристики технологічної системи (ТС) під час механічної обробки [1, 2]. Зменшити вплив похибки форми можливо при використанні матеріалу, який приймає існуючу базову форму поверхні, вибирає зазори і дозволяє закріпити заготовку з достатньою силою. Серед таких матеріалів запропоновано розглянути магнітом'які еластомери (ММЕ). ММЕ знайшли достатнє використання в різноманітних приладах, пристосуваннях і елементах, які призначені для підвищення жорсткості технічної системи і дисипації коливань [3, 4].

До властивостей ММЕ відноситься: «магнітодеформаційний ефект» – зміна розміру і форми в напрямку дії магнітного поля, магнітореологічний ефект – підвищення жорсткості під дією магнітного та електричного поля та підвищення коефіцієнта дисипації.

Дослідження магнітореологічних еластомерів в більшості стосуються дослідження складових, структури та технології їх отримання з заданими властивостями. Дані експериментальних досліджень властивостей в різних джерелах розрізняються. Це може бути пов'язано з тим, що властивості таких матеріалів в більшості залежать від їх структури, технології виготовлення та розмірів частинок.

Комп'ютерне дослідження зміни властивостей ММЕ під дією магнітного поля на коливання технологічної системи оправка-заготовка дозволить визначити необхідні параметри таких еластомерів в залежності від структури самого матеріала та конструкції оправки з ММЕ вставками. Вирішення цього завдання дозволить отримати комплексну оцінку впливу еластомерних вставок на закріплення складнопрофільних тонкостінних оболонок, а також оболонок з додатковими елементами.

Для комп'ютерного моделювання в дослідженнях приймалися опубліковані результати експериментів, які стосуються зміни модуля зсуву та модуля пружності під дією магнітного поля [5]. Числові дослідження виконані за допомогою програми Solid Works Simulation з використанням методу скінчених елементів.

Результати розрахунків впливу використання ізотропного ММЕ на жорсткість ТС представлені в таблиці 1.

В моделі базового варіанту обробки враховано зазор до 0,1 мм на циліндричній опорі, що відповідає реальній похибці встановлення. За допомогою частотного аналізу отримані розрахункові значення власної частоти та форми коливань. Деформації технологічної системи під дією сили різання, отримані за допомогою статичного аналізу та представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунків впливу використання ізотропного ММЕ на жорсткість ТС

Варіант закріплення тонкостінної заготовки на оправці	Нижча власна частота ТС, Гц	Нижча власна частота заготовки, Гц	Переміщення заготовки під дією сили різання, мм
Базовий варіант (без використання ММЕ)	130	276	0,052
Використання ММЕ в опорі оправки. Вплив «магніто-деформаційного» ефекту	141	327	0,048
Використання ММЕ в опорі оправки. Вплив «магніто-деформаційного» та магніто-реологічного ефекту	151	533	0,02

Інша модель має в складі конструкції ММЕ елемент, розташований на поверхні циліндричної опори. Властивості матеріалу (модуль зсуву та модуль пружності прийнято по експериментальним даним [5] для ізотропного ММЕ матеріалу. У середньому помірне магнітне поле здатне подовжити зразок такого матеріала на 10–16%.

Для оцінки магнітореологічного ефекту, для ЕЕМ прийняті експериментальні дані [5]: під впливом магнітного поля з $B=0,3$ Тл: $E=3,2$ МПа, $G=0,9$ МПа, наповнювач складає 27%.

Вплив гармонічної складової сили різання, яка обумовлена коливаннями інструмента під час обробки та отримана за результатами експериментальних вимірювань [1], оцінено за допомогою динамічного аналізу.

Використання на циліндричній опорі оправки ММЕ елементів дозволяє підвищити коефіцієнт жорсткості технологічної системи в 2,6 разів за рахунок вибирання зазору та підвищення жорсткості циліндричної опори, що викликало зростання нижчої власної частоти коливань зі 130 Гц до 151 Гц (на 14%). Використання ММЕ елементів дозволяє знизити амплітуду вимушених коливань під дією сили різання на 35% за рахунок підвищення модуля втрат та підвищення жорсткості опори. Незначні зміни властивостей технологічної системи та її динамічної поведінки, які отримані за результатами розрахунків, вимагають побудови оптимізаційної моделі, яка врахує вплив наявних властивостей ММЕ елемента, оптимальний напрямок та розподіл магнітного поля для досягнення максимальної

жорсткості ТС для обробки тонкостінних оболонок різної форми та складності. В подальших дослідженнях необхідно розглянути використання складних гібридних магнітно-реологічних еластомерів в яких за параметри оптимізації можуть бути використано різне співвідношення між м'якими та твердими магнітореологічними фракціями.

Список посилань

1. Oliinyk S.Yu. Technological fixtures for machining of large-sized thin-walled shells of complex profile / S.Yu. Oliinyk, L.P. Kalafatova // Cutting & tool in technological system. – Kharkiv NTU «KhPI». – 2021. – №94, С. 28–41.
2. Patent US 2010/0164187 A1, B23 31/30 (2006.01), B23Q3/08 (2006.01). Adaptive design of fixture for thin-walled shell a cylindrical components / Zunmin Geng (Nottingham GB); assignee The University of Sheffield (Sheffield GB)/ - № PCT/GB2008/OO045; PCT Fled: Mar. 5, 2008; date Mar. 17, 2010, 12/529,834. – p.11.
3. Дущенко В.В. Застосування магнітореологічних еластомерів для керування характеристиками систем підресорювання колісних транспортних засобів / В. В. Дущенко, В. Г. Маслієв, Р.А. Нанівський, А. О. Маслієв // Електротехніка і Електромеханіка. – №5, 2019. – С. 50-59.
4. Anil K.Bastola. A review on magneto-mechanical characterizations of magnetorheological elastomers / Anil K.Bastola, Mokarram Hossain // Composites Part B: Engineering. – Volume 200, 1 November 2020. – P. 21.
5. Kallio M. The elastic and damping properties of magnetorheological elastomers / Kallio M. – VTT Publications, 2005. – 149 pp.

УДК 621.52

Юрковець В.І., аспірант
Вислоух С.П., канд. техн. наук, доцент
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,
yurkovec.v@gmail.com

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВІСЕСИМЕТРИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОЇ СХЕМИ ТИПУ «ВТУЛКА-ВАЛ»

Складання циліндричних з'єднань у приладобудуванні складає близько 40% усіх складальних операцій, при цьому автоматизація цього процесу залишається актуальною і для підвищення її ефективності все більше застосовуються роботизовані системи, в основі роботи яких закладено математичне моделювання процесу поєднання [1].

Більш ніж 80% робіт розглядають вертикальний процес складання для схем типу «вал-втулка», де вал закріплений в захваті маніпулятора і центрується відносно базової деталі (втулка). Відповідно для підвищення ефективності автоматизованого складання, доцільно застосовувати і схему поєднання «втулка-вал».

Відповідно, якість і надійність процесу автоматизованого складання залежить не тільки від механічних переміщень деталей відносно один одного, але й від схеми складання.

Для підвищення ефективності автоматизованого складання циліндричних деталей широко застосовують роботизовані системи, що керують процесом складання для різних схем складання за допомогою комп'ютерних програм, розрахованих на основі реального експеримента або на основі математичного моделювання процесу поєднання. Для вертикальних схем складання актуальною проблемою залишається зменшення сил взаємодії в точках контакту між деталями, які значно збільшуються при зменшенні кута між осями.

Дослідження процесу складання, при якому приєднувальній деталі (валу) задається крутний момент, було проведено в роботах [2], [3], в яких для спрощення розрахунків валу задають властивості гіроскопа, що не зовсім чітко відображає динаміку рух деталі.