



№8

грудень 2024

збірник наукових праць

ТЕХНІЧНА ТВОРЧІСТЬ

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ТЕХНІЧНА ТВОРЧІСТЬ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

№8 грудень 2024 р.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Збірник наукових праць «Технічна творчість»

Засновано в жовтні 2015р.

Виходить 2 рази на рік

Хмельницький 2024, №8

Технічна творчість: Збірник наукових праць./ Укл.: Скиба М.Є., Поліщук О.С., Романець Т.П. Хмельницький: ХНУ, 2024. – № 8 - 110 с.

Редакційна колегія:

Голова:

Скиба М. Є. - д.т.н., проф. член-кореспондент НАПНУ

Співголова:

Радкевич В.О. - д.п.н., проф., член-кореспондент НАПНУ

Заступник голови:

Поліщук О.С. – д.т.н., проф.

Відповідальний секретар:

Романець Т.П. – к.т.н., доц.

Технічні редактори:

Горященко С.Л. –к.т.н., доц.

Лісевич С.П. – старший викладач

Члени редакційної колегії:

Бонек М. д.т.н. (Польща), Бромберек Ф. д.т.н. (Польща), Бурмістенков О.П. д.т.н., Гергель М. д.т.н. (Польща), Гордеев А.І. д.т.н., Диха О.В. д.т.н., Драпак Г.М. к.т.н., Защепкіна Н.М. д.т.н., Злотенко Б.М. д.т.н., Калда Г.С. д.т.н., Мазуркевич А. д.т.н. (Польща), Майдан П.С. к.т.н., Мартинюк А.В. к.т.н., Матушевський М. д.т.н. (Польща), Міліх В.І. д.т.н., Місяць В.П. д.т.н., Мусял Я. д.т.н. (Польща), Неймак В.С. к.т.н., Олександренко В.П. д.т.н., Орловський Б.В. д.т.н., Панасюк І.В. д.т.н., Пуць В.С. к.т.н., Синюк О.М. д.т.н., Смутко С.В. к.т.н., Снядковський М. д.т.н. (Польща), Танські Т. д.т.н. (Польща), Ткачук В.П. к.т.н., Троціковський Т. д.т.н. Польща, Чорний О.П. д.т.н.

**Рекомендовано до друку Рішенням Науково-технічної Ради
Хмельницького національного університету
Протокол № 5 від 24.12.2024 р.**

Наукові праці друкуються у авторській редакції

За достовірність фактів, назв та посилань на літературні джерела
відповідальність несуть автори

Адреса редакції Збірника наукових праць «Технічна творчість»:

Хмельницький національний університет

вул. Інститутська, 5, м. Хмельницький, Україна, 29016

кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

<https://maees.khmnu.edu.ua//>

e-mail: maees1969@gmail.com

ЗМІСТ

1. Є.Гарбар, О.Поліщук, А.Поліщук, О.Дука, М. Гергель. Симуляція процесу лазерного гравіювання з використанням Robodk та роботизованого маніпулятора	5
2. Поліщук О.П., Поліщук А.О., Скиба М.Є., Поліщук О.С., Пасатюк В.А. Шредер для подрібнення пластикових відходів для литтєвих машин	7
3. О.Polishchuk, А.Polishchuk, S.Lisevych, О.P.Polishchuk, М. Bonek. Justification of the screw extruder design 3d printers for processing composite mixtures containing polymeric material and natural fibers of vegetable origin into finished products	9
4. В.Сухоставський, М.Скиба, О.Поліщук, С.Лісевич. Шляхи удосконалення системи контролю якості обладнання для тривимірного друку при виготовленні деталей та виробів легкої промисловості	13
5. О.Дука, О.Поліщук, А.Поліщук. Роботизовані системи 3D-друку полімерними гранулами для легкої промисловості	15
6. О.Дрегалю, А.Поліщук, С.Лісевич, О. Малярчук. Розробка мікроконтролерної схеми керування побутовою пральною машиною	16
7. А.Polishchuk, О.Polishchuk, S.Lisevych, Ye.Harbar, М.Bonek. Continuous carbon fiber for 3d printing and technology for its processing into finished products	17
8. М.Красій, О.Поліщук, А.Поліщук, А. Мазуркевич. Удосконалення швейного автомату bruce brc-tx14095a лазерною голівкою для прорізання тканини	22
9. О.Дука. Обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів роботизованої системи 3D-друку полімерними гранулами для легкої промисловості	24
10. Пасатюк В.А, Поліщук О.С., Поліщук О.П. Актуальність переробки відходів розкорою в сучасному виробництві	25
11. Ю.Цимбалюк, А.Мартинюк, А.Поліщук. Розробка системи керування технологічним обладнанням молочного виробництва з використанням програмованого логічного контролера	28
12. Солом'яний Є.О., Горященко С.Л. Аналіз потреби систем технічного зору при виробництві взуття	30
13. Кармаліта А.К., Дзяворук О.Ф., Пундик С.І. Проектування валкових механізмів для переміщення плоских деталей взуття в процесі обробки	32
14. Мальчик М.Ю., Неймак В.С., Романець Т.П. Розробка системи керування для стабілізації натягу ниток основи основов'язальних машин	34
15. Мудранинець В.В., Неймак В.С., Романець Т.П. Удосконалення кривошипно-кулісного механізму ниткопритягувача швейної машини	36
16. В. Лонський, А.Кармаліта. Розрахунок системи автоматичного рівномірного розподілення штучного пухового наповнювача в камері текстильного виробу	37
17. Страз Б.М., Неймак В.С., Романець Т.П. Удосконалення швейної машини для виконання однопіткового ланцюгового стібка	39
18. Галунко В.О., Неймак В.С., Романець Т.П. Удосконалення робочих органів барабанної пральної машини	41
19. Максимчук І.А., Романець Т.П. Пристрій для переробки відходів легкої промисловості	42
20. Міхалець Р.В., Романець Т.П., Неймак В.С. Захватний пристрій для плоских деталей легкої промисловості	43
21. Міхалець Б.В., Романець Т.П., Неймак В.С. Пристрій для визначення повітропроникності матеріалів легкої промисловості	44
22. Сушко В.В., Романець Т.П., Неймак В.С. Електропривід побутової в'язальної машини	46
23. Мазур А.В, Горященко С.Л. Огляд тканин та можливість нанесення на них покриттям ...	47
24. Дорофєєв Ю.О., Горященко С.Л., Дорофєєв О.А. Обґрунтування моделі взаємодії елементів машин та механізмів з дискретним середовищем	49

Технічна творчість №8 2024

25. Бартков М.С., Кармаліта А.К. Вакуумна система визначення положення плоских деталей взуття в процесі обробки	51
26. Сергєєв В.В., Кармаліта А.К. Розробка системи моніторингу електрогідравлічного пресового обладнання	52
27. Шутка Р.С. Особливості обслуговування механізмів велосипедів	54
28. Федух М.М., Синюк О.М. Гідродинамічне розщеплення шкіряних відходів: основні принципи та механізми	56
29. Гедзь О.Ю., Синюк О.М. Розробка ефективної системи подачі матеріалів для лиття низу взуття на основі автоматизації	58
30. Кунцов О., Синюк О. М. Комплексне моделювання та аналіз лиття під тиском за допомогою Moldex3D та Solidworks	60
31. Кирилішин М.М., Урбанюк Є.А. Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу ЕУ.8.172.246 використанням верстатів з ЧПК	62
32. Шаховал В.В., Урбанюк Є.А. Удосконалення технологічного процесу виготовлення вала МПТ 1211.010100.19 використанням верстатів з ЧПК	64
33. Харченко О.О., Ткачук В.П., Романішина О.В. Удосконалення технологічного процесу виготовлення кришки КРР.043.22.24 із застосуванням верстатів з ЧПК	66
34. Васильков І.В. Ткачук В.П., Романішина О.В. Моделювання процесу точіння циліндричної деталі із Сталі 35 в Simulia/Abaqus	68
35. Йолтухівський Р.В., Ткачук В.П. Проект конструкції верстата лазерного розкрою деревоволокнистих плит	70
36. Перун Д.А., Гордєєв А.І. Спеціальний пристрій для протягування масляної канавки у деталі повзун АВ.4116. 002	72
37. Рибак О.С., Гордєєв А.І. Інженерний аналіз конструктивних параметрів деталі кронштейн СМ.004.310 при робочих навантаженнях	74
38. Столяр Я.А., Гордєєв А.І. Інженерний аналіз конструктивних параметрів деталі деталі «Корпус ДХ.435» при робочих навантаженнях	76
39. Милько В.В., Бережний О.М. Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець КМД 08-604» з використанням верстатів з ЧПК	78
40. Милько В.В., Фурдуй І.О. Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Шпindel GDZ-301М» з використанням верстатів з ЧПК	80
41. Милько В.В., Безитанько Д.Ю. Модернізація конструкції буксового вузла електровоза з метою зменшення інтенсивності бічного зносу гребенів колісних пар та рейок	82
42. Огурок А.С., Майдан П.С. Перспективи розвитку вітроенергетики	84
43. Паламарчук А.Ю., Майдан П.С. Проблематика використання елегазових автоматичних вимикачів в електроенергетиці	87
44. Нікітін Є.С., Павленко В.М. Оптимізація мікро- когенераційних систем з використанням двигуна Стірлінга	89
45. Nikitin Ye., Pavlenko V., Volianyk O. The role of smart technologies in improving the reliability and efficiency of power grids	91
46. Pavlenko V., Volianyk O. Research of technical solutions for cybersecurity of power systems with integrated renewable energy sources	94
47. Жувака Є.Є., Тимощук О.Г. Удосконалення системи керування автоматичної пральної машини	96
48. Боровик Н.В., Боровик Д.О., Горященко С.Л. Застосування системи підтримки прийняття рішень для енергетичної галузі	98
49. Nikitin Ye., Pavlenko V., Volianyk O. Technological integration of stirling engines in fuel boilers as the basis for high performing micro-chp with low emissions	99
50. Гомолач М.М., Богоявленська Ю. В. Штучний інтелект, освіта та сучасність	102

**СИМУЛЯЦІЯ ПРОЦЕСУ ЛАЗЕРНОГО ГРАВІЮВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ
ROBODK ТА РОБОТИЗОВАНОГО МАНІПУЛЯТОРА**

¹Є.Гарбар, ¹О.Поліщук, ¹А.Поліщук, ¹О.Дука, ²М. Гергель

¹Хмельницький національний університет

²Гірничо-металургійна академія в Кракові

Використання роботизованих систем у виробничих процесах відкриває нові можливості для підвищення точності обробки матеріалів, оптимізації витрат та зменшення ймовірності помилок. Однією з ключових технологій, що активно впроваджується у виробничі процеси, є лазерне гравіювання. Даний процес вимагає високої точності та повторюваності, тому його оптимізація є важливим аспектом ефективного використання роботизованих маніпуляторів [1-3].

Програмне забезпечення RoboDK є ефективним інструментом для попереднього моделювання та симуляції процесів лазерного гравіювання [4]. Воно дозволяє створювати сценарії роботи роботизованих систем без необхідності фізичного втручання у виробничий процес. Це дає можливість скоротити час та витрати на експериментальні налаштування, оптимізувати маршрути руху маніпулятора, аналізувати можливі зіткнення та вносити необхідні коригування ще до реального запуску системи.

У процесі дослідження реалізовано алгоритм створення віртуального робочого середовища в RoboDK, який включає імпорт CAD-моделей, налаштування координатних систем, калібрування лазерного інструменту та побудову оптимальної траєкторії його руху. Виконане моделювання дозволило оцінити можливі зіткнення, визначити допустимі діапазони руху маніпулятора та адаптувати параметри лазерного променя відповідно до особливостей оброблюваної поверхні.

Було проведено тестування роботизованого маніпулятора з лазерною голівкою, що дозволило оцінити стабільність роботи системи, відповідність заданої траєкторії та вплив кінематичних параметрів на якість гравіювання (рис.1). Виконано аналіз кінематики руху маніпулятора, включаючи вплив швидкості, прискорення та кута нахилу на точність виконання операцій.



Рис.1 - Перевірка симуляції роботи робота-маніпулятора із закріпленою лазерною голівкою під час виконання операції лазерного гравіювання

Отримані результати підтверджують ефективність використання RoboDK для попереднього тестування та оптимізації процесів лазерного гравіювання. Завдяки симуляції можна значно скоротити час налаштування виробничого процесу, уникнути помилок при налаштуванні обладнання та підвищити якість кінцевого виробу.

Запропонований підхід може бути застосований не лише для лазерного гравіювання, а й для вдосконалення алгоритмів керування роботизованими маніпуляторами у різних сферах виробництва, що потребують високої точності та стабільності виконання технологічних операцій.

Висновок. Результати дослідження підтвердили ефективність використання RoboDK для моделювання та симуляції процесу лазерного гравіювання. Було розроблено та протестовано алгоритм створення віртуального середовища, що включає імпорт САД-моделей, налаштування системи координат, калібрування інструменту та побудову оптимальної траєкторії гравіювання. Проведене тестування маніпулятора з лазерною голівкою дозволило оцінити стабільність роботи системи, точність траєкторії руху та відповідність розрахункових параметрів реальним умовам експлуатації.

Перелік джерел посилання

1. Craig, J. J. Introduction to Robotics: Mechanics and Control. – Pearson, 2017.
2. Nof, S.Y. Handbook of Industrial Robotics. – Wiley, 2019.
3. Gibson, I., Rosen, D.W., Stucker, B. Additive Manufacturing Technologies. – Springer, 2015.
4. RoboDK Documentation [Electronic resource]. – Access mode: <https://robodk.com/doc/en/> (date of application 30.01.2025).

**ШРЕДЕР ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ПЛАСТИКОВИХ ВІДХОДІВ
ДЛЯ ЛИТТЄВИХ МАШИН**

О.П. Поліщук, А.О. Поліщук, М.Є. Скиба, О.С.Поліщук, В.А.Пасатюк
Хмельницький національний університет

Зростаючий обсяг полімерних відходів, зокрема тих, що утворюються в процесі 3D-друку, зумовлює необхідність їх ефективної переробки (рис.1). Подрібнення пластику перед повторним використанням у литтєвих машинах є важливим етапом, який впливає на якість друку, ефективність екструзії та економічну доцільність використання вторинної сировини [1].



а



б

**Рис.1 - Відходи пластику, що утворилися під час 3D-друку:
а-ABS пластик; б-PLA пластик**

Використання подрібнених пластикових відходів як вихідної сировини для литтєвих машин потребує стандартизації таких параметрів, як розмір часток, насипна густина та структура матеріалу. Відсутність єдиних норм ускладнює процес екструзії, впливаючи на стабільність потоку матеріалу, швидкість плавлення та якість кінцевого виробу.

Переробка полімерних матеріалів охоплює різні методи подрібнення, серед яких найбільш ефективними є механічні технології. Основними параметрами, що впливають на якість подрібнення, є форма часток, їх розмір, ступінь дисперсності та рівномірність розподілу фракцій. Важливим є також попереднє сортування відходів та контроль вмісту сторонніх включень.

Для подрібнення пластикових відходів був використаний компактний одношнековий шредер [2]. Він призначений для подрібнення пластикових відходів 3D-друку до фракцій, придатних для подальшої переробки в литтєвих машинах. Пристрій оснащений однофазним електродвигуном із редуктором, що забезпечує високий крутний момент і стабільну продуктивність. Завдяки низькій частоті обертання валу під час роботи зменшується рівень шуму, що покращує умови експлуатації.

Робочі ножі виготовлені із загартованої сталі, що забезпечує їхню довговічність і високу зносостійкість. Конструкція пристрою передбачає використання фільтруючої сітки, яка дозволяє отримати подрібнені частки заданого розміру. Це дає можливість контролювати якість матеріалу для подальшої переробки. Шредер відзначається зручністю в експлуатації, простотою обслуговування та легкістю очищення.

Технічні характеристики шредера: максимальна частота обертання валу 15 об/хв; розміри бункера для завантаження матеріалу 100×72×100 мм; розміри контейнера для подрібненого матеріалу 80×80×40 мм; потужність електродвигуна 180 Вт; кількість рухомих ножів 14; товщина ножа 3,5 мм; діаметр ножа 58 мм; діаметр отворів фільтруючої сітки 6 мм; матеріал ножа сталь 45 (загартована та шліфувана).

Загальний вигляд міні шредера з його основними елементами приведено на рис.2.

Принцип роботи шредера заключається в наступному. Процес подрібнення відбувається в кілька етапів. Спочатку пластикові відходи (куски, стрічки, гранули) завантажуються у бункер 1 (рис.3). В середині пристрою розташований обертовий вал із ножами, який

забезпечує механічне руйнування матеріалу шляхом різання, стирання або роздавлювання. Ножі взаємодіють із матеріалом та нерухомою рифленою плитою корпусу. Під час обертання валу полімерні частки проходять крізь фільтруючу сітку, що регулює розмір кінцевого продукту. Менші частки проходять через отвори та потрапляють у контейнер для збору (рис.4), тоді як більші знову подаються на подрібнення. Це забезпечує рівномірний розмір вихідного матеріалу для подальшого використання у виробничих процесах.



Рис.2 - Шредер для подрібнення полімерних відходів:
1-завантажувальний бункер; 2-контейнер для подрібнених часток полімеру; 3-регулятор частоти обертання подрібнюючого органу; 4-полімерний матеріал, що подрібнюється; 5-подрібнені частки полімеру



Рис.3 - Завантажувальний бункер з полімерними відходами



Рис.4 - Контейнер з подрібненими полімерними частками

В результаті експериментальних досліджень було здійснено подрібнення ABS, PLA та TPU полімерів, які є найбільш поширеними у 3D-друці. Аналіз отриманих часток продемонстрував можливість використання одноетапного подрібнення для досягнення рівномірного розподілу фракцій та усунення надто великих або дрібних часток, які можуть ускладнювати процес екструзії.

Висновок. Впровадження шредера у виробничий цикл дозволить не лише знизити витрати на матеріали, а й покращити екологічну ситуацію шляхом повторного використання полімерних відходів. Подальші дослідження будуть спрямовані на вдосконалення процесу подрібнення та адаптацію параметрів екструзії для різних видів вторинного пластику.

Перелік джерел посилання

1. Поліщук А.О., Скиба М.Є., Поліщук О.С. Перспективи розробки обладнання для подрібнення відходів 3D-друку. Мехатронні системи : інновації та інжиніринг: тези доповідей VII Міжнародної наук.-практ. конф. / Київ : КНУТД, 2023. С.115-116.

2. Подрібнювач Mini Shredder + [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://epo3d.com/uk/katalog/shreder/razmelchitel-mini-sredder-.html>.

**JUSTIFICATION OF THE SCREW EXTRUDER DESIGN
3D PRINTERS FOR PROCESSING COMPOSITE MIXTURES CONTAINING
POLYMERIC MATERIAL AND NATURAL FIBERS OF VEGETABLE ORIGIN INTO
FINISHED PRODUCTS**

¹O.Polishchuk, ¹A.Polishchuk, ¹S.Lisevych, ¹O.P.Polishchuk, ²M. Bonek
¹*Khmelnytskyi National University*
²*Silesian University of Technology*

Screw extruders (screw extruders) are key elements of 3D printers that use granular or powder materials for additive manufacturing. Unlike traditional extruders that work with filament, screw extruders allow the use of a wide range of polymers, including recycled materials and composites. Let's consider the main types and design features of screw extruders used in modern 3D printers.

1. Single- screw extruders.

Single-screw extruders are the most common type and are used in most 3D printers that work with pellets. Their design consists of a screw, a heating block, a drive and a material feed system. The principle of operation is based on feeding polymer material through a hopper into the heating zone, where it gradually melts and is fed through a nozzle. The main advantage of such extruders is their simplicity of design and ease of maintenance, which makes them ideal for a wide range of applications. They can work with various polymer materials, such as polyamides, PETG, PLA, ABS and others.

In [2], a powder screw extruder for 3D printing of PCL-based composites is developed. Different designs of a single-screw extruder 3D printer are shown in Fig. 1.

Screw extruders can have various design features that affect print quality and productivity. For example, a variable screw profile allows for better control of the melting and feeding process, and special grooves improve polymer mixing. Some models are equipped with active cooling of the feed zone, which prevents premature softening of the material and ensures a stable feed of granules.

There are also modified single-screw extruders with additional features, such as adjustable feed pressure or a backflow system that eliminates air inclusions in the material. The use of such technological solutions allows to significantly improve the quality of printed products and expands the possibilities of using screw extruders in the field of additive manufacturing.

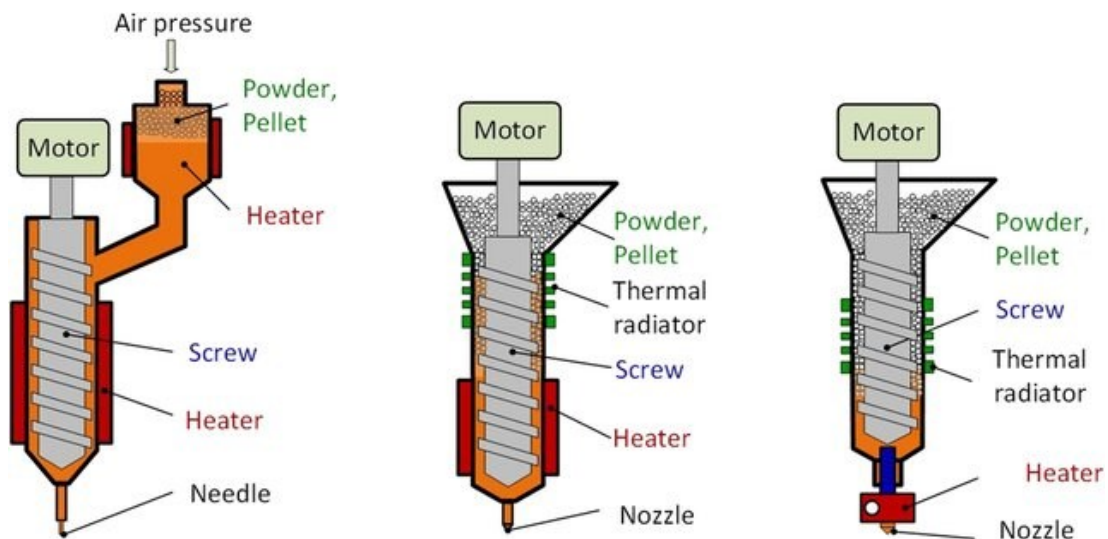


Fig. 1 - Different designs of a printer single-screw extruder

2. Twin-screw extruders.

Twin-screw extruders, which are either co-rotating or counter-rotating, provide much more uniform mixing of materials, which contributes to improved print quality and stability of the extrusion process. By using two screws that can rotate in either the same or opposite directions, improved dispersion of fillers and mixing of material components is achieved. This is especially important when working with composite compounds such as carbon fiber or glass fiber reinforced polymers.

Twin-screw extruders are used to produce parts with high mechanical characteristics, as the uniform distribution of the filler provides increased strength of the final product. They also allow you to work with materials with increased viscosity or complex rheology, as they create more efficient melt feeding and mixing compared to single-screw counterparts.

However, the complex design of such extruders requires careful maintenance and precise adjustment of process parameters. The higher cost of production and operation is the main factor limiting their widespread use in budget 3D printing systems. Despite this, their advantages make them indispensable for the production of parts with increased requirements for mechanical properties and material uniformity.

An example of using a twin-screw extruder in a 3D printer is shown in Fig. 2. [3]

3. Hybrid screw extruders.

Hybrid screw extruders are innovative systems that combine the capabilities of traditional screw mechanisms with filament or liquid polymer feeding methods. They allow for greater flexibility in material selection and the creation of complex multilayer structures, expanding the possibilities of additive manufacturing.

The design of hybrid extruders includes a screw assembly, which is responsible for feeding and plasticizing the granular material, as well as an additional filament or liquid polymer feeding system. This allows you to combine different materials directly during printing, which provides the ability to create composites with improved mechanical properties. In addition, the adjustable feeding system allows you to change the proportions of materials in real time, which opens up new horizons in the manufacture of parts with variable characteristics throughout the volume.

The hybrid bioprinter is based on a Prusa i3 MK3 3D printer, equipped with an FDM print head operating at temperatures of 80–250 °C and an additional syringe microextrusion head for dispensing hydrogels and low-viscosity liquids. This upgrade allows for sequential printing of two different materials, which is particularly useful for bioprinting, where the FDM extruder works with polycaprolactone (PCL) to create biocompatible rigid structures, and the microextruder is used to deposit bioinks with cells. The printer conversion included the development of a second microextrusion print head that mounts as an easily replaceable module on the main FDM head.

Due to the above features, hybrid extruders are used to produce flexible, strong or multi-layered products that can contain zones of different stiffness and elasticity. This is especially useful for creating functional prototypes, biomedical implants and parts with adaptive mechanical properties. However, the complex design and the need for precise synchronization of the feed of different materials require high-precision control and specialized software.

4. High-temperature screw extruders.

High-temperature screw extruders are specialized devices designed to process high-melting point polymers such as PEEK (polyetheretherketone) and PEI (polyetherimide). These materials are characterized by high mechanical strength, chemical resistance and thermal stability, which makes them ideal for applications in various industries.

The design of such extruders involves the use of special heat-resistant components, in particular screws made of high-alloy steels or with ceramic coatings, which prevent premature wear when operating in high temperatures. Nozzles are also made of heat-resistant materials, such as tungsten carbide or nickel alloys, which ensures stable supply of molten material and uniformity of printing.

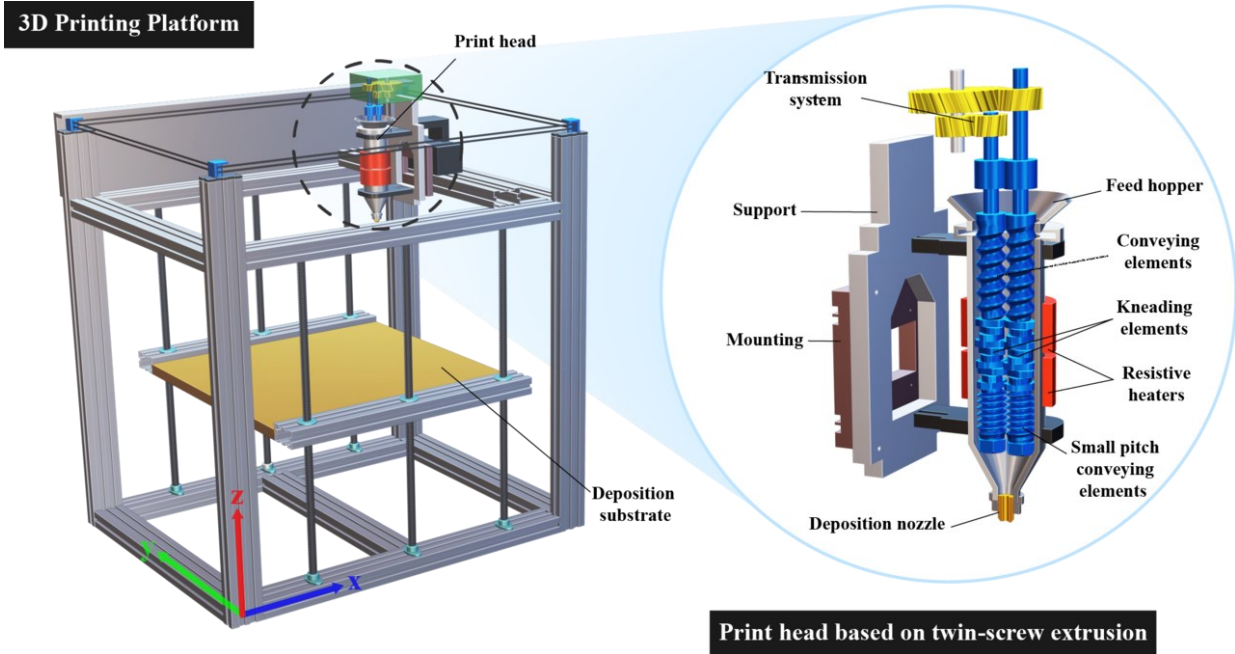


Fig. 2 - Twin-screw extruder in a 3D printer

Figure 3 shows a hybrid microextrusion printhead based on a syringe [4].

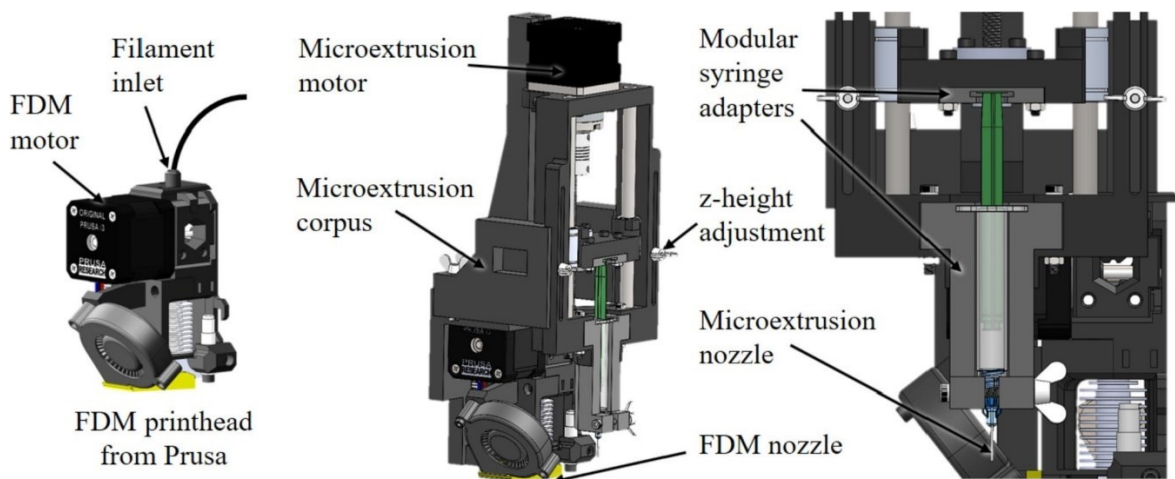


Fig. 3 - Hybrid microextrusion printhead based on a syringe

The operating temperature range of such extruders typically exceeds 350°C, which requires efficient heating and thermal control systems. Multi-zone heating elements are used to provide precise temperature control along the entire length of the screw, preventing thermal decomposition of the material.

Fig. 4 shows the design of a high-temperature robot extruder from CEAD [5].

High-temperature screw extruders have found wide application in the production of functional parts for aviation and aerospace, medical implants, and components for harsh industrial environments where high thermal and chemical resistance of the material is required.

Based on the review conducted for the processing of a composite mixture containing a polymer and natural plant fibers, a single-screw extruder was chosen for several key reasons.

Firstly, single-screw extruders have a simpler design, which simplifies their manufacture, setup and maintenance. This is especially important for desktop 3D printers, where compactness and reliability are critical factors. Secondly, they ensure smooth and uniform transport of the composite mixture, minimizing the risk of excessive mechanical destruction of natural fibers. Twin-screw extruders, although more efficient in mixing, can cause excessive shearing, which

leads to fiber degradation and deterioration of their reinforcing properties.

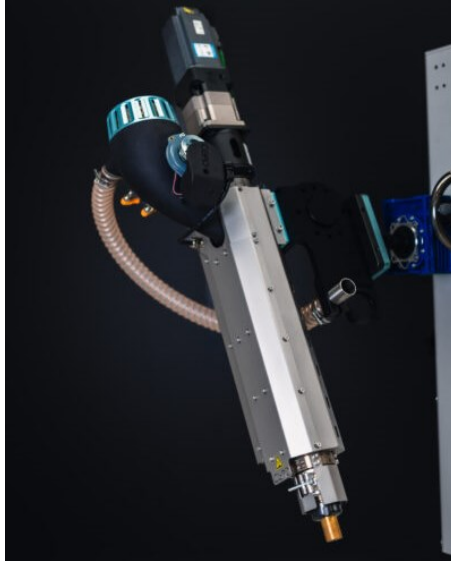


Fig. 4 - General view of a high-temperature robot extruder

Hybrid screw extruders are more difficult to implement due to the need to integrate different material feed mechanisms, which is not a priority for working with pre-prepared composite mixtures. High-temperature screw extruders are mainly used for processing heat-resistant polymers (PEEK, PEI), which is not necessary for the type of composites considered, since the polymer matrix and plant fibers have relatively low processing temperatures.

Thus, a single-screw extruder is the optimal choice due to its simplicity, efficient transportation and preservation of the filler structure when processing polymer composites with plant fibers.

Conclusions. Screw extruders significantly expand the capabilities of 3D printing, providing processing of a wide range of materials, including recycled polymers and composites. The choice of extruder design is determined by the requirements for the printing process, the mechanical properties of the material and the required quality of the finished product. Further development of technologies is aimed at increasing the productivity, accuracy and versatility of such systems. In the future, a single-screw extruder was chosen for processing a composite mixture containing a polymer matrix and natural fibers of plant origin. It is necessary to carry out its parametric modeling, manufacturing and integration into the design of a desktop 3D printer, which will allow expanding the capabilities of printing with environmentally friendly materials and optimizing the process of obtaining biocomposite products.

Literature

1. Polishchuk A.O., Polishchuk O.S., Rubanka M.M. Prospects for the use of carbon fibers in the creation of finished products by 3D printing method. *Mechatronic systems: innovations and engineering: collection of abstracts VIII International scientific and practical conference November 7, 2024 – Kyiv.*
2. Trung Kien Nguyen, Bang Thi Le, Minh Thi Hong Nguyen. Development of a novel direct powder screw extruder for 3D scaffold printing of PCL- based composites. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology.* 2023.
3. Twin screw extruder design literature review [Electronic resource]. – Access mode: https://www.appropedia.org/Twin_screw_extruder_design_literature_review (date of application 15.12.2024).
4. Open-source hybrid 3D-bioprinter for simultaneous printing of thermoplastics and hydrogels [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.hardware-x.com/article/S2468-0672%2821%2900059-6/fulltext> (date of application 18.12.2024).
5. CEAD's Robot extruders as technology components [Electronic resource]. – Access mode: <https://robotextruder.com/#contact> (date of application 12/20/2024).

**ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ОБЛАДНАННЯ
ДЛЯ ТРИВИМІРНОГО ДРУКУ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ ТА ВИРОБІВ
ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

В. Сухоставський, М. Скиба, О. Поліщук, С. Лісевич
Хмельницький національний університет

Аддитивне виробництво (3D-друк) все активніше проникає у легку промисловість, де застосовується для виготовлення текстильних виробів, взуття, аксесуарів та декоративних елементів. Проте забезпечення стабільної якості друкованих виробів залишається серйозною проблемою. Традиційні методи контролю якості, такі як післяпроцесна візуальна інспекція або вимірювання геометрії, не дозволяють своєчасно виявляти дефекти, які виникають пошарово в процесі друку [1]. Особливо важливо виявляти відхилення вже на ранніх стадіях, оскільки незначні помилки можуть накопичуватися, призводячи до значного браку продукції.

Крім того, сучасні технології 3D-друку працюють у режимі безперервного циклу, коли втручання оператора часто відбувається вже після завершення друку. Це підвищує ризик марнотратства матеріалів і знижує економічну ефективність виробництва [2]. Наявність людського фактору, що проявляється у суб'єктивності оцінки якості та несистемності процесу контролю, також негативно впливає на стабільність виробничих процесів [3]. У зв'язку з цим з'являється нагальна потреба в автоматизованих, інтелектуальних системах моніторингу, які б у режимі реального часу відстежували процес друку, виявляли дефекти і коригували технологічні параметри для запобігання браку [4].

За даними деяких досліджень, інтеграція систем штучного інтелекту в процес 3D-друку дозволяє скоротити час на інженерний моніторинг і зменшити втрати матеріалу, що підтверджує ефективність впровадження таких технологій [5]. Сучасні методи машинного навчання та комп'ютерного зору відкривають можливості для створення замкненого циклу контролю, що забезпечить якість продукції на високому рівні і мінімізує витрати [6].

Мета дослідження – розробити та експериментально перевірити інтелектуальну замкнену систему контролю та коригування процесу 3D-друку для легкої промисловості, яка забезпечить безперервний моніторинг процесу і оперативну реакцію на виявлені дефекти.

Завдання дослідження:

- аналіз існуючих методів контролю якості. Вивчити традиційні підходи до контролю якості 3D-друку, визначити їхні обмеження та основні типи дефектів (пористість, деформації, відшарування шарів);

- проєктування апаратно-програмного комплексу. Розробити систему збору даних із застосуванням цифрових камер (у тому числі міні-ендоскопа) та сенсорів (датчики температури, вологості, подачі матеріалу, вібрації) для моніторингу процесу друку в режимі реального часу;

- розробка алгоритмів аналізу та коригування. Створити алгоритми комп'ютерного зору та машинного навчання для автоматичного виявлення дефектів на основі зображень і даних сенсорів, а також інтегрувати модуль штучного інтелекту для оперативної корекції параметрів друку (швидкість, температура, подача матеріалу);

- експериментальна перевірка системи. Провести тестування розробленої системи на прототипі 3D-принтера, оцінити її ефективність щодо зниження рівня браку, економії матеріалів і скорочення часу виробничого циклу.

Методи дослідження. Планується застосування комплексного підходу, що базується на інтеграції кількох сучасних технологій:

- комп'ютерний зір та аналіз зображень. Використання цифрових камер високої роздільної здатності (зокрема, ендоскопа) для контролю якості нанесення кожного шару. Алгоритми згорткових нейронних мереж аналізують зображення, порівнюючи їх з еталонною моделлю та виявляючи відхилення [4];

- машинне навчання. Розробка моделей на базі нейронних мереж для класифікації дефектів, аналізу даних сенсорів і прогнозування потенційних проблем у процесі друку [4,6];
- сенсорний моніторинг. Встановлення датчиків для контролю температури, вологості, швидкості подачі матеріалу та вібрації. Дані з цих пристроїв дозволяють оперативно визначати стабільність технологічного процесу та попереджувати виникнення дефектів [2];
- замкнений цикл управління. Інтеграція отриманих даних з системи комп'ютерного зору та сенсорного контролю у єдиний програмний модуль, який приймає рішення про автоматичну корекцію параметрів друку. Такий підхід дозволить без участі оператора в режимі реального часу регулювати процес і запобігати появі дефектів [7].

Прототип інтелектуальної системи контролю якості 3D-друку, який потрібно розробити, має демонструвати можливість значного підвищення надійності виробничого процесу. Завдяки використанню цифрового візуального контролю, сенсорного моніторингу та алгоритмів штучного інтелекту система має бути здатна вчасно виявляти типові дефекти, коригувати параметри друку і таким чином мінімізувати кількість браку [5]. Експериментальні дослідження мають бути спрямовані на підтвердження того, що інтеграція замкненого циклу управління дозволяє знизити рівень дефектності друкованої продукції, що матиме важливе значення для підвищення ефективності виробництва в легкій промисловості [6].

Крім того, автоматизація контролю має зменшити залежність від людського фактору, що має забезпечити стабільність і передбачуваність виробничого процесу [7]. Отже, отримані результати мають продемонструвати наукову новизну розробленого підходу, та відкрити нові перспективи для впровадження інтелектуальних систем у виробничі ланцюжки адитивного виробництва.

Висновок. У ході дослідження було розглянуто проблему забезпечення якості виробів, виготовлених методом 3D-друку, для потреб легкої промисловості. Проаналізовано сучасні підходи до контролю процесу друку та вибрано інтелектуальну систему моніторингу та корекції параметрів у режимі реального часу. Вона буде базуватися на використанні комп'ютерного зору, сенсорного моніторингу та алгоритмів машинного навчання, що дозволить своєчасно виявляти дефекти та здійснювати автоматичну корекцію технологічних параметрів. Впровадження такого підходу дозволить знизити рівень браку, зменшити втрати матеріалу та скоротити час виробничого циклу. Експериментальні результати мають підтвердити ефективність інтеграції замкненого циклу управління, що сприятиме підвищенню стабільності виробничого процесу та мінімізації впливу людського фактору. Впровадження таких технологій відкриває нові можливості для вдосконалення систем контролю якості у сфері адитивного виробництва та підвищення конкурентоспроможності підприємств легкої промисловості.

Перелік джерел посилання

1. Griffiths, L. (2024). On close inspection: The unique challenges for quality assurance in additive manufacturing. TCT Magazine, 27 Dec 2024.
2. Quality Control in Additive Manufacturing: Best Practices. Manufacturing Management (2023).
3. Lyngby, R.A. et al. (2017). In-line 3D print failure detection using computer vision. Proceedings of Joint euspen/ASPE Special Interest Group Meeting 2017.
4. Paraskevoudis, K., Karayannis, P., & Koumoulos, E.P. (2020). Real-Time 3D Printing Remote Defect Detection (Stringing) with Computer Vision and AI. Processes, 8(11):1464.
5. AI-Powered Multi-Material 3D Printing Makes Closed-Loop Fabrication a Reality. Engineering.com (2019).
6. Mondal, S., & Goswami, S.S. (2024). Machine learning techniques for quality assurance in additive manufacturing processes. Int. J. of AI for Materials and Design, 1(2):21-34.
7. Brion, D. (2023). "Self-aware AI 3D printers" PhD research summary. Reddit (/r/3Dprinting).

**РОБОТИЗОВАНІ СИСТЕМИ 3D-ДРУКУ ПОЛІМЕРНИМИ ГРАНУЛАМИ
ДЛЯ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

О. Дука, О. Поліщук, А. Поліщук
Хмельницький національний університет

Аддитивні технології набувають більшої популярності і все частіше використовуються в легкій промисловості для друку пластикової фурнітури і аксесуарів для виготовлення одягу. Також 3D-друк використовується в галузевому машинобудуванні для швидкого створення прототипів і їх подальшої оцінки та модернізації [1].

Роботизовані системи 3D-друку полімерними гранулами для легкої промисловості є актуальним напрямком наукових досліджень, адже він поєднує передові технології цифрового виробництва з екологічною стратегією ресурсозбереження. Основні аспекти розвитку та вдосконалення таких систем охоплюють: автоматизацію процесу друку, підвищення точності та швидкості виготовлення виробів, енергоефективність, використання вторинних полімерів, адаптивне управління параметрами друку та інтеграцію в загальні виробничі лінії.

Такі системи 3D-друку полімерними гранулами мають значні переваги перед традиційними технологіями виробництва. Вони дають можливість виготовляти вироби складної геометрії без необхідності використання додаткових прес-форм або оснастки. Завдяки використанню полімерних гранул собівартість виробництва суттєво знижується, що сприяє більш широкому впровадженню цієї технології у малому та середньому бізнесі.

Одним із ключових напрямків розвитку є вдосконалення параметрів подачі гранул, контролю температурного режиму та кінематики руху друкуючої головки. Це дозволить досягти стабільності процесу друку та високої якості кінцевого виробу. Все керування та калібрування роботизованою системою з екструдером здійснюється через спеціалізоване програмне забезпечення, завдяки якому можна налаштувати всі параметри маніпулятора та екструдера, а також змодельовати 3D-друк потрібного виробу. Це, в свою чергу, зменшує кількість дефектів та збільшує ефективність виробництва.

Особливої уваги заслуговує питання енергоефективності, оскільки більшість сучасних технологій 3D-друку характеризуються значними витратами електроенергії. Використання інноваційних нагрівальних елементів, що забезпечують рівномірне плавлення полімеру, сприяє зниженню споживання енергії та підвищенню загальної продуктивності системи [2].

Ще одним важливим аспектом є інтеграція роботизованих систем 3D-друку з іншими автоматизованими виробничими процесами. Це дозволяє підвищити загальну ефективність виробництва, мінімізувати логістичні витрати та забезпечити швидке переналаштування обладнання для випуску нових видів продукції. Використання модульного підходу в конструкції таких систем дає змогу гнучко адаптувати їх під специфічні виробничі потреби.

Загалом, розробка та впровадження роботизованих систем 3D-друку полімерними гранулами для легкої промисловості є перспективним напрямком, що дозволяє значно розширити можливості цифрового виробництва, знизити екологічний вплив і підвищити конкурентоспроможність підприємств [3].

Перелік джерел посилання

1. Зозуля П.Ф., О.С. Поліщук, А.О. Поліщук. Перспективи застосування технології 3D-друку в легкій промисловості / Вісник Хмельницького національного університету. – 2017. – №4 – С. 102 – 104.
2. A. Serrano, M. Bares. Advances in Large-Scale Robotic 3D Printing with Plastic Pellets / Francisco de Vitoria University. – 2022.
3. L. Stamorean, A. Feier, A. D. Firu, Development of a Robot Arm System for Additive Manufacturing Applications / MDPI Journal - 2023.

РОЗРОБКА МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СХЕМИ КЕРУВАННЯ ПОБУТОВОЮ ПРАЛЬНОЮ МАШИНОЮ

О. Дрегалю, А. Поліщук, С. Лісевич, О. Малярчук
Хмельницький національний університет

Сучасні автоматичні пральні машини є невід'ємною частиною побутового життя, забезпечуючи ефективне виконання різноманітних програм прання. Для досягнення максимальної продуктивності, точності й зручності використання таких пристроїв сьогодні все частіше використовують мікроконтролерні системи управління. Вони замінюють традиційні аналогові рішення завдяки своїй функціональності, енергозбереженню та гнучкості в налаштуваннях.

Основою мікроконтролерної системи управління пральною машиною є мікроконтролер, який виконує функцію центрального блоку керування [1]. Його робота базується на отриманні й обробці даних від різних датчиків, таких як термодатчик, датчик рівня води, датчик закриття дверей. Залежно від отриманих сигналів і вибраного користувача режиму прання, мікроконтролер керує роботою електродвигуна, клапанів подачі води, нагрівального елемента (ТЕН) та помпи. Це дозволяє забезпечити повну автоматизацію процесу прання та мінімізувати людське втручання.

Розроблена структурна схема системи управління включає основні компоненти: мікроконтролер, силову плату управління двигуном, блок живлення, дисплей для взаємодії з користувачем, датчики стану машини та виконавчі механізми. Ключовою перевагою мікроконтролерного управління є можливість гнучкого налаштування програмного забезпечення, що дозволяє реалізувати різноманітні програми прання, враховуючи тип тканини, ступінь забруднення, температуру та тривалість циклу.

Одним із важливих етапів проектування стало створення блоку стабілізованого живлення. Використання трансформатора та стабілізатора напруги забезпечує стабільну роботу всіх компонентів системи, навіть за умов перепадів напруги в мережі.

Управління електродвигуном реалізується через фазо-імпульсний метод регулювання, який дозволяє плавно змінювати швидкість обертання, забезпечуючи економію енергії та зниження шуму. Двигун універсального типу (колекторний) оснащений силовим вузлом управління, що включає оптосимістори для забезпечення електричної ізоляції, реле для перемикання полярності та транзистор для точного регулювання. Це дозволяє забезпечити такі функції, як реверс двигуна, зміна швидкості обертання та автоматична зупинка.

Для перевірки працездатності розробленої схеми створено тестовий стенд, який дозволяє моделювати роботу пральної машини. Тестовий пристрій дає можливість оцінити функціональність усіх компонентів, виявити можливість помилок у програмному забезпеченні або схемотехніці та оптимізувати систему перед її впровадженням у серійне виробництво.

Розроблена мікроконтролерна схема має значні переваги, включаючи підвищену точність управління, енергоефективність, автоматизацію процесів та можливість впровадження нових функцій, таких як дистанційне керування чи інтеграція з іншими смарт-пристроями.

Упровадження таких технологій забезпечує підвищення енергоефективності побутових приладів, зменшення їх впливу на довкілля та підвищення рівня комфорту для користувачів, що є ключовим у сучасному світі.

Перелік джерел посилання

1. Гришук Ю.С. Мікроконтролери: Архітектура, програмування та застосування в електромеханіці : навч. посіб. / Ю. С. Гришук. – Харків : НТУ «ХПІ», 2019. – 384 с

**CONTINUOUS CARBON FIBER FOR 3D PRINTING AND TECHNOLOGY
FOR ITS PROCESSING INTO FINISHED PRODUCTS**¹A. Polishchuk, ¹O. Polishchuk, ¹S. Lisevych, ¹Ye. Harbar, ²M. Bonek¹*Khmelnytskyi National University*²*Silesian University of Technology*

Carbon fiber plays an important role in additive manufacturing, as its use in 3D printing is a common practice [1]. This material allows to significantly improve the mechanical properties of products, reduce their weight and increase resistance to loads. In 3D printing, carbon fiber is used in two main forms – chopped and continuous, each of which has its own characteristics and areas of application.

Chopped carbon fiber is a fine particle that is mixed with a polymer matrix such as PLA, ABS or nylon to create reinforced filaments for 3D printing. These composite materials provide increased stiffness, improved wear resistance and higher thermal stability compared to conventional polymer filaments. However, because chopped fibers have a limited length, they do not provide uniform mechanical load distribution throughout the product structure, which limits their effectiveness in structural applications.

Continuous carbon fiber is a more effective material for reinforcing 3D printed parts. It consists of long, continuous filaments that are integrated into a polymer matrix without breaks, providing significantly higher strength and stiffness. Due to its high length-to-diameter ratio, continuous carbon fiber exhibits unique mechanical properties: it is five times stronger and one third lighter than steel in fiber form. In addition, this material has excellent thermal resistance, chemical resistance and a low coefficient of thermal expansion, making it ideal for use in the aviation, automotive and aerospace industries.

Unlike chopped fiber, continuous carbon fiber allows for strategic reinforcement in specific directions, making it more effective for structures subject to high mechanical loads. Its application in 3D printing opens up new possibilities for the manufacture of complex engineering parts, such as frame elements, fastening components, load-bearing structures, propeller shafts, propeller blades and other critical parts. Due to these properties, continuous carbon fiber is increasingly replacing traditional materials such as aluminum and steel, allowing the creation of lightweight and high-strength structures.

Continuous carbon fiber allows for the reinforcement of critical areas of parts that are subject to significant mechanical loads, improving their mechanical strength, stiffness and durability. Such areas include holes used for fasteners such as bolts, screws or rivets. Without reinforcement, these areas can be vulnerable to deformation or failure under dynamic and static loads. Carbon fiber allows for the uniform distribution of loads, reducing the risk of cracking or shearing of the material.

Stiffeners are important structural elements in many products, as they provide additional rigidity and resistance to bending. The use of continuous carbon fiber in these areas increases their strength, allowing for a reduction in wall thickness and, consequently, weight of the part without loss of mechanical characteristics.

Reinforcing the edges and corners of parts is also important, as these areas are often subjected to maximum stresses, especially in cases of impact loads or repeated mechanical cycles. Without proper reinforcement, cracks and gradual material failure are possible. Carbon fiber prevents such damage by strengthening the edges of the product and increasing their wear resistance.

In addition, reinforcement can be applied to internal channels that are subject to bending or stretching, especially in tubular or profile structures. Continuous carbon fiber allows for stiffer and lighter structures that can withstand high mechanical loads, for example in air ducts, vehicle frames or load-bearing structures.

Another important area of application is the connection zones of parts, where significant local loads can occur at the joints of different elements. Reinforcing these areas with continuous carbon fiber increases the strength of the connections, reduces the risk of delamination or breakage of the material, and improves the durability of the finished structures.

By locally placing continuous carbon fiber in critical areas of products, 3D printing allows for the creation of lightweight yet extremely strong parts that can replace traditional metal components in a variety of industries.

Among the manufacturers of continuous carbon filament for 3D printing, it is worth noting Markforged, which offers printing solutions using continuous carbon fiber [2]. Information about other manufacturers that supply continuous carbon fiber on spools for use in 3D printers is limited and absent. Most of the carbon fiber materials available on the market for 3D printing are composites, where short carbon fibers are mixed with thermoplastic polymer matrices such as PLA, ABS, nylon or PETG. These composites improve the mechanical properties of the printed products, but do not provide the same strength and stiffness as continuous carbon fiber materials.

There are several main 3D printing technologies using continuous carbon fiber, which differ in the way the fibers are integrated into the polymer matrix, technical features, and areas of application. The most common are: coextrusion with fiber (Continuous Fiber Fabrication – CFF), fiber impregnation during the printing process (In-Situ Impregnation), coextrusion with pre-impregnated fibers (Towpreg Coextrusion), automated fiber stacking technology (Automated Fiber Placement – AFP) and continuous fiber 3D printing (CF3D – Continuous Fiber 3D Printing).

1. Continuous Fiber Coextrusion (CFF – Continuous Fiber Fabrication) [3].

This technology, developed by Markforged, is one of the most common in continuous carbon fiber 3D printing. It involves co-extruding a thermoplastic matrix (such as nylon or Onyx, a reinforced composite material) along with continuous carbon fiber.

The CFF printing process is performed as follows. A separate extruder feeds thermoplastic, which forms the main structure of the part. In parallel, a second extruder places continuous carbon fiber in the desired areas of the product, integrating it into the polymer matrix. Printing is carried out layer by layer, which allows the fiber to be placed in strategically important areas to increase the strength of the product.

This technology allows for parts that can be stronger than aluminum while remaining significantly lighter. It is ideal for the production of components with increased mechanical performance, such as fasteners, tools, automotive and aviation parts.

2. Impregnation of fiber during the printing process (In-Situ Impregnation) [4, 5].

This technology involves impregnating continuous carbon fiber with thermoplastic directly during printing.

Main features. The filament is fed through a separate mechanism and passes through a zone where it is impregnated with molten thermoplastic (e.g. PETG or PEEK). This process ensures better contact between the polymer matrix and the filament, which improves the strength of the final product. This technology allows you to obtain parts with higher strength and stability, as the filament is evenly integrated into the model structure without the formation of air cavities. It is used for printing lightweight but extremely strong parts used in aviation, mechanical engineering and robotics.

3. Coextrusion with pre-impregnated fibers (Towpreg Coextrusion) [5].

This technology involves the use of continuous carbon fiber, which is already pre-impregnated with thermoplastic before being fed into the printing zone.

Main features. Ready-made pre-impregnated fiber (towpreg) is used, which is supplied in the form of a thread already saturated with a polymer matrix. Printing is carried out by co-extrusion - the fiber does not undergo the impregnation process during printing, but is supplied in a finished form. Due to the stability of the impregnation, which occurs at the stage of material production, uniformity and high quality of reinforcement are ensured. This allows you to create composite structures with variable strength depending on the needs of the design.

The ability to combine carbon fiber with a thermoplastic matrix opens up additional

opportunities for engineering design and industrial applications.

4. Automated Fiber Placement (AFP – Automated Fiber Placement) [6].

AFP is an industrial technology used to manufacture high-strength carbon fiber structures. It is used by companies such as Desktop Metal, Continuous Composites and Boeing to create large and complex composite parts.

How AFP works. Robotic heads lay pre-impregnated fibers (towpreg) onto predetermined surfaces. After laying, the fibers are heat-treated to ensure adhesion between the layers. The process is carried out with high precision, which allows for parts with optimal mechanical characteristics. AFP is used in the aerospace and automotive industries to create high-strength structures such as aircraft wings, car bodies and drone support elements.

5. Continuous 3D printing with fibers (CF3D – Continuous Fiber 3D Printing) [7].

CF3D is an innovative 3D printing technology that combines continuous carbon fiber with a photopolymer matrix. It was developed by Continuous Composites and allows you to create strong, lightweight composite parts without the need for molds and dies.

How CF3D works. During the printing process, the filament is fed through an extrusion head, where it is impregnated with a liquid photopolymer. Immediately after exiting the nozzle, the material is instantly cured by ultraviolet (UV) light, allowing complex 3D structures to be built without the need for supports.

Key features of CF3D. Thanks to UV curing, CF3D allows you to produce composite parts much faster than traditional methods. Printing is possible in any direction, including curved and three-dimensional surfaces without the need for support structures. The combination of continuous fiber and polymer matrix creates ultra-light and ultra-strong components that can replace metal parts. Printing is carried out using robotic manipulators, which allows you to control the direction and location of the fibers.

CF3D application. The technology is used in the aviation, automotive, space and defense industries to create lightweight, strong parts with complex shapes. It has also found applications in medicine and sports to manufacture high-performance components.

CF3D is a revolutionary approach to 3D printing that significantly expands the possibilities of composite manufacturing and surpasses traditional methods such as AFP in speed and flexibility of designs.

Using technical literature and the Internet, a comparison of the described technologies was conducted (Table 1) [3-7].

Among the leading manufacturers of equipment for 3D printing with continuous carbon fiber, the following companies can be distinguished: Markforged, Anisoprint, Desktop Metal and Continuous Composites. Each of them offers unique approaches to integrating continuous fiber into printed products, opening up new opportunities for industrial manufacturing, aerospace, automotive, and other high-tech fields.

Markforged is a pioneer in the use of continuous carbon fiber in additive manufacturing. Their 3D printers, such as the Markforged X7, use Continuous technology. Fiber Fabrication (CF F), which allows the integration of continuous fibers into a polymer matrix [8]. This significantly improves the mechanical properties of the products, making them stronger than aluminum, but at the same time lightweight. Markforged also offers a wide ecosystem of materials, including base polymers and special fiber-reinforced compositions.

Anisoprint uses a co-extrusion method with pre-impregnated fibers (towpreg), or impregnating continuous carbon fibers with thermoplastic directly during printing. This allows for the creation of composite structures with variable strength depending on the design needs. Their printers, such as Anisoprint Composer, allows the combination of carbon fiber with a thermoplastic matrix, which opens up additional possibilities for engineering design [9]. The flexibility in material selection and the ability to create gradient structures make this technology particularly attractive for research and industrial applications.

Table 1 Continuous carbon fiber printing technologies

Technology	Working principle	Main manufacturers	Application
CFF (Continuous Fiber Fabrication)	Coextrusion of polymer matrix with continuous fiber	Markforged	Tools, fasteners, automotive and aviation components
In-Situ Impregnation	Impregnation of fiber with thermoplastic during printing	Anisoprint	Mechanical engineering, aviation, robotics
Towpreg Coextrusion	Impregnation of the fiber with thermoplastic before feeding into the printing zone	Anisoprint	Mechanical engineering, aviation, robotics
AFP (Automated Fiber Placement)	Robotic laying of reinforced fiber	Desktop Metal , Continuous Composites	Aerospace, automotive industry
Continuous Fiber 3D Printing	Robotic laying of reinforced fiber	Continuous Composites	Aerospace, automotive industry

Desktop Company Metal releases innovative 3D printers for continuous carbon fiber using Micro technology Automated Fiber Placement (μ AFP) [10]. An example is Desktop Metal Fiber is a high-precision 3D printer that allows you to print continuous fiber-reinforced parts from materials such as PEEK and Nylon 6. It is equipped with an automated fiber laying system to achieve high product strength.

Continuous Company Composites develops advanced 3D printers that use Continuous technology Fiber 3D Printing (CF3D) for printing with continuous carbon fiber in a photopolymer matrix.

Basic models.

CF3D Enterprise System is an industrial 3D printing system that provides high-precision laying of continuous fibers in combination with photopolymer resin. Equipped with ultraviolet sources for instant hardening of the material, which significantly speeds up the production process. CF3D Robotic System is a robotic 3D printing system that allows printing of large-sized composite structures. Thanks to multi-axis control, it can create complex geometries and integrate continuous carbon fibers into parts, which allows for their high strength and stiffness.

Thus, each of these companies offers its own approach to integrating continuous carbon fiber into 3D printing, opening up new prospects for high-tech industries.

Conclusion. Continuous 3D printing with carbon fiber significantly expands the possibilities of additive manufacturing, allowing you to create strong, lightweight and load-resistant structures. The choice of a specific technology depends on the field of application and requirements for the final product. Coextrusion with continuous fiber is the most common, as it provides flexibility in the choice of materials and relatively simple integration into existing production processes. In the future, a 3D printer will be developed that will work using CFF – Continuous technology Fiber Fabrication . This will allow us to expand the line of existing equipment, offering new opportunities for engineering solutions and adapting technology to various production needs.

Literature

1. Polishchuk A.O., Polishchuk O.S., Rubanka M.M. Prospects for the use of carbon fibers in the creation of finished products by 3D printing method. Mechatronic systems: innovations and engineering: collection of abstracts VIII International scientific and practical conference November 7, 2024 – Kyiv.
2. Carbon Fiber [Electronic resource]. – Access mode: <https://markforged.com/materials/continuous-fibers/continuous-carbon-fiber> (date of application 15.12.2024).
3. 3D Printing Composites with Markforged [Electronic resource]. – Access mode: <https://markforged.com/resources/learn/design-for-additive-manufacturing-plastics-composites/3d-printing-composites-introduction/3d-printing-composites-with-markforged> (date of application 15.12.2024).

4. Zhenzhen Quan, Cheng Liu, Junjie Li, Xiaohong Qin, Jianyong Yu. Fiber bundle deposition model and variable speed printing strategy for in situ impregnation 3D printing of continuous fiber reinforced thermoplastic composites. *Composites Science and Technology*.2025.
5. 3D printing with continuous fiber: A landscape [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.compositesworld.com/articles/3d-printing-with-continuous-fiber-a-landscape> (date of application 10.12.2024).
6. What is Automated Fiber Placement (AFP)? [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.addcomposites.com/post/what-is-automated-fibre-placement-afp> (date of application 10.12.2024).
7. CF3D® A Breakthrough in Composites [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.continuouscomposites.com/technology> (date of application 12/10/2024).
8. Markforged [Electronic resource]. – Access mode: <https://markforged.com/3d-printers> (date of application 14.12.2024).
9. Solutions [Electronic resource]. – Access mode: <https://anisoprint.com/solutions/> (date of application 18.12.2024).
10. Desktop Metal® Exists to Deliver on the Vision of 3D Printing: Mass Production [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.desktopmetal.com/> (date of application 18.12.2024).
11. Continuous Composites unveils commercial CF3D Enterprise machine [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.compositesworld.com/news/continuous-composites-unveils-commercial-cf3d-enterprise-machine> (date of application 19.12.2024).

**УДОСКОНАЛЕННЯ ШВЕЙНОГО АВТОМАТУ BRUCE BRC-TX14095A
ЛАЗЕРНОЮ ГОЛОВКОЮ ДЛЯ ПРОРІЗАННЯ ТКАНИНИ**

¹М.Красій, ¹О.Поліщук, ¹А.Поліщук, ²А. Мазуркевич
¹Хмельницький національний університет
²Бидгоська політехніка

З розвитком технологій у швейній промисловості зростає потреба в автоматизації та підвищенні якості обробки матеріалів. Одним із важливих етапів виробництва є точна і швидка прорізка тканини, яка безпосередньо впливає на якість готового виробу. Для цього виникла необхідність удосконалення шаблонного швейного автомату BRUCE BRC-TX14095A шляхом інтеграції лазерної головки для прорізання тканини [1].

Переваги лазерної різки.

Лазерна різка має низку переваг у порівнянні з традиційними методами механічного розкрою тканин:

- висока точність – лазерний промінь забезпечує мікроскопічну точність розрізу, що особливо важливо для складних контурів та дрібних деталей;
- безконтактний метод обробки – відсутність механічного впливу на матеріал дозволяє уникнути деформацій, розтягувань і механічних пошкоджень;
- чистий край розрізу – під час різання синтетичних матеріалів краї автоматично запаяються, запобігаючи осипанню тканини;
- висока швидкість роботи – лазерна різка значно прискорює процес обробки матеріалів, що підвищує загальну продуктивність виробництва;
- гнучкість у налаштуваннях – можливість швидкої зміни параметрів лазерного різання залежно від типу тканини та товщини настилу.

Типи лазерів та вибір для BRUCE BRC-TX14095A.

Лазери бувають різних типів, зокрема:

- газові лазери (CO₂) – широко використовуються для різання неметалевих матеріалів, таких як тканина, дерево та пластик;
- твердотільні лазери (Nd:YAG, волоконні) – підходять для металів і високоточних операцій;
- напівпровідникові (діодні) лазери – застосовуються у компактних пристроях і маркуванні.

Для оснащення швейного автомату BRUCE BRC-TX14095A було вибрано CO₂-лазер потужністю 90W. Така потужність дозволяє ефективно працювати з будь-якою висотою настилу та щільністю матеріалів, забезпечуючи чистий та точний розріз.

CO₂-лазер працює на основі електричного відновлення газової суміші, що містить діоксид вуглецю (CO₂), азот (N₂) і гелій (He). При подачі електричного струму молекули азоту переходять у збуджений стан і передають енергію молекулам CO₂, які випромінюють інфрачервоне світло (довжина хвилі ≈10,6 мкм). Це випромінювання фокусується оптичною системою, створюючи потужний промінь, здатний випаровувати або пропалювати матеріал. Завдяки безконтактному впливу лазер забезпечує точний розріз з мінімальними термічними деформаціями [2, 3].

Переваги використання лазерної головки у BRUCE BRC-TX14095A

Інтеграція лазерної головки в шаблонний швейний автомат BRUCE BRC-TX14095A дає низку вагомих переваг:

- автоматизація процесу – зменшується потреба у ручних операціях, що підвищує ефективність роботи;
- мінімізація відходів – точність лазера дозволяє оптимально використовувати матеріал, що знижує витрати на сировину;
- підвищення якості виробів – рівні, чіткі краї зрізу покращують зовнішній вигляд і

довговічність продукції;

- зручність у керуванні – регулювання параметрів різання через панель керування дозволяє легко адаптувати процес до різних матеріалів.

При виконанні швейних операцій лазерна головка перебуває в піднятому стані, не заважаючи процесу шиття. Коли подається сигнал на прорізку тканини, головка лазера опускається та виконує необхідний розріз (рис.1). Потужність лазера можна регулювати безпосередньо з панелі керування шляхом повертання регулятора, що дає змогу адаптувати параметри обробки залежно від характеристик матеріалів.



Рис.1 - Загальний вигляд лазерної головки

Висновок. Використання лазерної головки в швейному автоматі BRUCE BRC-TX14095A значно розширює його функціональні можливості, підвищує якість і продуктивність роботи. Завдяки лазерному різанню виробництво стає більш технологічним, ефективним і економічно вигідним, що робить цей підхід перспективним для сучасної швейної промисловості.

Перелік джерел посилання

1. Автоматична швейна машина шаблонного шиття BRUCE BRC-14095A-SSYX-F13F11 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sm-ua.com/programovan-mashini-ciklchnogo-shittyja/bruce-brc-14095a-ssyx-fl3f11-programovana-mashina-ciklchnogo-shittyja-roboche-pole-mashini-1400h950-z-lazerom>.
2. Тимчик Г.С., Богатирьова Г.В., Мамута М.С. Лазерні технології. Практикум. Навчальний посібник. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 124с.
3. Пупань Л.І. Лазерні технології у машинобудуванні : навч. посібник для студентів спеціальності «Прикладна механіка» денної, заочної та дистанційної форм навчання / Л.І. Пупань. – Харків: НТУ «ХПІ», 2020. –109с.

**ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ
РОБОТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ 3D-ДРУКУ ПОЛІМЕРНИМИ ГРАНУЛАМИ
ДЛЯ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

О. Дука

Хмельницький національний університет

Аддитивні технології набувають більшої популярності і все частіше використовуються в легкій промисловості для друку пластикової фурнітури і аксесуарів для виготовлення одягу, також 3D-друк використовується в галузевому машинобудуванні для швидкого створення прототипів та їх подальшої оцінки та модернізації [1].

Роботизовані системи 3D-друку полімерними гранулами для легкої промисловості є актуальним напрямком наукових досліджень, адже він поєднує передові технології цифрового виробництва з екологічною стратегією ресурсозбереження. Основні аспекти розвитку та вдосконалення таких систем охоплюють: автоматизацію процесу друку, підвищення точності та швидкості виготовлення виробів, енергоефективність, використання вторинних полімерів, адаптивне управління параметрами друку та інтеграцію в загальні виробничі лінії.

Такі системи 3D-друку полімерними гранулами мають значні переваги перед традиційними технологіями виробництва. Вони дають можливість виготовляти вироби складної геометрії без необхідності використання додаткових прес-форм або оснастки. Завдяки використанню полімерних гранул собівартість виробництва суттєво знижується, що сприяє більш широкому впровадженню цієї технології у малому та середньому бізнесі.

Одним із ключових напрямків розвитку є вдосконалення параметрів подачі гранул, контролю температурного режиму та кінематики руху друкуючої головки. Це дозволяє досягти стабільності процесу друку та високої якості кінцевого виробу. Все керування та калібрування роботизованою системою з екструдером здійснюється через програмне забезпечення RoboDK, завдяки чому ви можете налаштувати всі параметри самого маніпулятора та екструдера, а також змодельовати 3D-друк потрібного виробу. Що в свою чергу зменшує кількість дефектів, та збільшує ефективність виробництва.

Особливої уваги заслуговує питання енергоефективності, оскільки більшість сучасних технологій 3D-друку характеризуються значними витратами електроенергії. Використання інноваційних нагрівальних елементів, що забезпечують рівномірне плавлення полімеру, сприяє зниженню споживання енергії та підвищенню загальної продуктивності системи [2].

Ще одним важливим аспектом є інтеграція роботизованих систем 3D-друку з іншими автоматизованими виробничими процесами. Це дозволяє підвищити загальну ефективність виробництва, мінімізувати логістичні витрати та забезпечити швидке переналаштування обладнання для випуску нових видів продукції. Використання модульного підходу в конструкції таких систем дає змогу гнучко адаптувати їх під специфічні виробничі потреби.

Загалом, розробка та впровадження роботизованих систем 3D-друку полімерними гранулами для легкої промисловості є перспективним напрямком, що дозволяє значно розширити можливості цифрового виробництва, знизити екологічний вплив і підвищити конкурентоспроможність підприємств [3].

Перелік джерел посилання

1. Зозуля П.Ф., О.С. Поліщук, А.О. Поліщук. Перспективи застосування технології 3D-друку в легкій промисловості / Вісник Хмельницького національного університету. – 2017. – №4 – С. 102 – 104
2. A. Serrano, M. Bares. Advances in Large-Scale Robotic 3D Printing with Plastic Pellets / Francisco de Vitoria University. – 2022.
3. L. Stamorean, A. Feier, A. D. Firu, Development of a Robot Arm System for Additive Manufacturing Applications / MDPI Journal - 2023.

АКТУАЛЬНІСТЬ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ РОЗКРОЮ В СУЧАСНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

В.А. Пасатюк, О.С. Поліщук,, О.П. Поліщук
Хмельницький національний університет

Переробка відходів є одним з напрямків розвитку сучасного промислового підприємства в умовах трансформації виробничих систем та переходу до моделі циркулярної економіки. Аналіз методів та технологій ресайклінгу демонструє зростаючу роль інноваційних рішень, спрямованих на підвищення ефективності використання матеріальних ресурсів та зниження негативного впливу на навколишнє середовище. Статистичні дані свідчать про щорічне збільшення обсягів утворення текстильних відходів у світовому масштабі, що обумовлює необхідність розвитку та вдосконалення технологій їх переробки. Впровадження сучасних методів поводження з відходами дозволяє не лише знизити екологічне навантаження на довкілля, але й створити додаткові економічні переваги для підприємств шляхом повторного використання матеріалів та зменшення витрат на утилізацію відходів. Дослідження технологічних аспектів переробки відходів розкрою вказує на динамічний розвиток галузі та появу нових методів обробки матеріалів, які забезпечують високу якість вторинної сировини та розширюють можливості її застосування у виробничих процесах [1, 2].

Інтенсифікація виробничих процесів та зростання обсягів промислового виробництва призводить до збільшення кількості відходів, які утворюються під час обробки різноманітних матеріалів. Промислові підприємства щорічно залишають значні обсяги відходів різних матеріалів – металів, пластмас, текстилю, деревини, композитних матеріалів. За даними досліджень Л. Лаурері та співавторів, у країнах Європейського Союзу щорічно утворюється понад 2,5 млрд тонн промислових відходів, з яких близько 15% становлять текстильні відходи. Статистичні дані демонструють стійку тенденцію до зростання обсягів утворення відходів розкрою, що пов'язано з розширенням виробничих потужностей та впровадженням нових технологічних процесів. Аналіз структури відходів розкрою показує, що найбільшу частку становлять металеві відходи (45-50%), на другому місці – полімерні матеріали (20-25%), далі йдуть текстильні відходи (15-20%) та відходи деревообробки (10-15%). Подібний розподіл характерний для більшості промислово розвинених країн, що підтверджує глобальний характер проблеми управління відходами розкрою [1].

Раціональне поводження з відходами набуває першочергового значення в умовах обмеженості природних ресурсів та посилення екологічних вимог до промислового виробництва. Сучасні підходи до управління відходами базуються на принципах циркулярної економіки, яка передбачає максимальне повторне використання матеріалів та мінімізацію утворення відходів. П. Басу та інші дослідники відзначають, що впровадження технологій переробки відходів дозволяє знизити собівартість продукції за рахунок економії сировини та зменшення витрат на утилізацію відходів. Дослідження показують, що ефективна система управління відходами розкрою може забезпечити економію матеріальних ресурсів на рівні 25-30% від загального обсягу споживання. Впровадження замкнутих циклів виробництва та використання вторинних ресурсів створює передумови для зниження екологічного навантаження на навколишнє середовище та підвищення конкурентоспроможності підприємств. Важливим аспектом є також зменшення викидів парникових газів за рахунок скорочення обсягів видобутку та переробки первинної сировини [2].

Комплексний аналіз сучасних методів переробки відходів розкрою свідчить про активний розвиток технологій рециклінгу та появу інноваційних рішень у цій сфері. Механічна переробка, термічна обробка та хімічні методи переробки дозволяють перетворювати текстильні відходи на вторинну сировину або альтернативне паливо. Я. Ян та співавтори підкреслюють важливість комплексного підходу до переробки відходів, який враховує як

технологічні, так і економічні аспекти. Механічна переробка залишається найбільш поширеним методом обробки відходів розкрою, що пояснюється відносною простотою технологічного процесу та нижчими капітальними витратами порівняно з іншими методами. Сучасні лінії механічної переробки оснащуються автоматизованими системами сортування та контролю якості, що дозволяє отримувати вторинну сировину стабільно високої якості. Термічні методи переробки набувають все більшого поширення, особливо для обробки полімерних відходів розкрою. Піроліз та газифікація дозволяють отримувати цінні хімічні продукти та енергетичні ресурси. Хімічні методи переробки застосовуються переважно для специфічних видів відходів та забезпечують можливість отримання вторинних матеріалів з заданими властивостями [3].

Розвиток автоматизованих систем сортування та переробки відходів відкриває нові можливості для підвищення ефективності рециклінгу. Сучасне обладнання, оснащене системами машинного зору та штучного інтелекту, дозволяє здійснювати точне сортування відходів за типом матеріалу та забезпечує високу якість вторинної сировини. К. Жао та інші науковці зазначають, що впровадження автоматизованих ліній переробки відходів розкрою дозволяє збільшити продуктивність процесу на 40-50% порівняно з традиційними методами. Автоматизація процесів також сприяє покращенню умов праці та зниженню виробничих ризиків. Інтеграція систем управління відходами з загальною системою управління виробництвом забезпечує оптимізацію матеріальних потоків та підвищення ефективності використання ресурсів [4].

Системний підхід до переробки відходів включає розробку технологічних схем, які забезпечують максимальне вилучення корисних компонентів та мінімізацію утворення залишкових відходів. Оптимізація виробничих процесів з метою зменшення кількості відходів починається на етапі проектування виробів та планування технологічних операцій. Впровадження систем автоматизованого проектування та оптимізації розкрійних схем дозволяє знизити відходи на 20-30%. Важливим елементом є також організація ефективної системи збору та сортування відходів безпосередньо на виробничих дільницях. Дослідження показують, що роздільний збір відходів розкрою підвищує ефективність подальшої переробки на 15-20% [1].

Інноваційні технології ресайклінгу постійно розвиваються та вдосконалюються. З'являються нові методи обробки матеріалів, які дозволяють отримувати продукти з високою доданою вартістю. Наприклад, технології 3D-друку з використанням перероблених полімерних відходів відкривають нові можливості для виробництва складних деталей та конструкцій. Розвиваються також методи хімічної переробки текстильних відходів з отриманням волокон для виробництва нових матеріалів. Важливим напрямком є розробка технологій переробки композитних матеріалів, які традиційно вважаються складними для рециклювання [2].

Перспективи розвитку технологій переробки відходів розкрою пов'язані з подальшою автоматизацією процесів, впровадженням систем штучного інтелекту для оптимізації сортування та переробки матеріалів, розробкою нових методів хімічної та термічної обробки. Інтеграція технологій переробки відходів з концепцією четвертої промислової революції створює передумови для формування повністю автоматизованих виробничих систем з замкнутим циклом використання матеріалів. Розвиток міжнародної співпраці та обмін технологіями сприяє поширенню передового досвіду та підвищенню ефективності систем управління відходами розкрою в глобальному масштабі [3, 4].

Отже, ресайклінг є невід'ємною складовою сучасних виробничих систем, що забезпечує раціональне використання ресурсів та зниження негативного впливу на навколишнє середовище. Впровадження інноваційних технологій переробки створює умови для підвищення економічної ефективності підприємств та досягнення цілей сталого розвитку промисловості. Подальший розвиток галузі вимагає комплексного підходу, що поєднує технологічні інновації, економічні стимули та екологічні вимоги [1, 4].

Висновок. Переробка промислових відходів є ключовим напрямком розвитку сучасного виробництва, що відповідає принципам циркулярної економіки. Аналіз методів ресайклінгу свідчить про зростаюче значення інноваційних технологій, які сприяють раціональному використанню матеріалів, зниженню екологічного навантаження та підвищенню економічної ефективності.

Сучасні методи переробки, зокрема механічна, термічна та хімічна обробка, дозволяють отримувати якісну вторинну сировину та розширювати її застосування. Автоматизація процесів сортування та використання штучного інтелекту сприяють підвищенню продуктивності та мінімізації відходів. Подальший розвиток галузі потребує інтеграції новітніх технологій для підвищення ефективності управління відходами.

Перелік джерел посилання

1. Basu, P., Thomas, B. S., Chandra Gupta, R., & Agrawal, V. Properties of sustainable self-compacting concrete incorporating discarded sandstone slurry. 2021, *Journal of Cleaner Production*, 281(2021), 125313.
2. Laureti, L.; Costantiello, A.; Anobile, F.; Leogrande, A.; Magazzino, C. Waste Management and Innovation: Insights from Europe. *Recycling* 2024, 9, 82. <https://doi.org/10.3390/recycling9050082>.
3. Yan Y, Tong K, Li C, et al. The methods for improving the biodegradability of oily sludge: a critical review. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2024:1-0.
4. Zhao C, Li Y, Gan Z, et al. Method of smoldering combustion for refinery oil sludge treatment. *J Hazard Mater*. 2021;409:124995.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ОБЛАДНАННЯМ МОЛОЧНОГО ВИРОБНИЦТВА З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМОВАНОГО ЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЛЕРА

Ю. Цимбалюк, А. Мартинюк, А. Поліщук
Хмельницький національний університет

Впровадження автоматизованої системи керування технологічним обладнанням на молочному виробництві є важливим кроком до підвищення ефективності, якості та безпеки виробництва, зниження витрат на виробництво за рахунок оптимізації споживання енергії та ресурсів, зменшення впливу людського фактора на процес виробництва.

Якщо розглянути безпосередньо таку одиницю технологічного обладнання, як ємність для виробництва сирних мас (далі по тексті — сировиготовлювач), то основою його системи управління являється контролер (в конкретному варіанті дослідної установки — програмований логічний контролер Wago 750-881), який виконує функцію центрального блоку керування [1]. Його робота базується на отриманні й обробці сигналів від різних датчиків, таких як датчик температури продукту, датчик температури води в сорочці нагріву, датчик рівня продукту, датчик відкриття кришки люка і відповідно, блокування роботи мішалки. Залежно від отриманих сигналів і вибраного користувачем режиму роботи, програмований логічний контролер керує роботою мішалок, клапанів подачі води, термоелектронагрівального елемента (ТЕН) та насоса циркуляції води. Це дозволяє забезпечити майже повну автоматизацію технологічного процесу виробництва сирних мас та мінімізувати людське втручання.

Розроблена автоматизована система керування включає в себе крім основного елемента — програмованого логічного контролера, також додаткові компоненти кожен з яких відіграє важливу роль у забезпеченні ефективної та безперебійної роботи системи: датчики, виконавчі механізми, модуль зв'язку, інтерфейс користувача, блок живлення та захисні елементи.

Ключовою перевагою такої системи управління є можливість гнучкого налаштування програмного забезпечення, що дозволяє реалізувати різноманітні програми та рецепти виробництва, враховуючи тип кінцевого продукту, якість вхідної сировини, особливості технологічного процесу.

Управління електродвигуном мішалки реалізується за допомогою використання частотного перетворювача, який дозволяє плавно змінювати швидкість обертання мішалки, забезпечуючи економію енергії та зниження шуму. Це дозволяє забезпечити такі функції, як реверс двигуна, зміна швидкості обертання та автоматична зупинка.

Для перевірки працездатності розробленої схеми створено тестовий стенд, який дозволяє моделювати роботу сировиготовлювача. Тестовий пристрій дає можливість оцінити функціональність усіх компонентів, виявити можливість помилок у програмному забезпеченні або схемотехніці та оптимізувати систему перед її впровадженням у серійне виробництво.

Розроблена система передбачає можливість автоматичного та ручного управління.

У системі управління використовуються стандартні модулі введення та виведення дискретних та аналогових сигналів з робочою напругою 24V DC.

Усі технологічні операції можуть контролюватися з сенсорної панелі оператора. Система може автоматично сигналізувати про виникнення аварійних ситуацій за допомогою аварійних повідомлень, виділення кольором аварійної ділянки.

У розпорядженні оператора може бути різна кількість екранів (рисунок 1) технологічних процесів з різним ступенем деталізації.

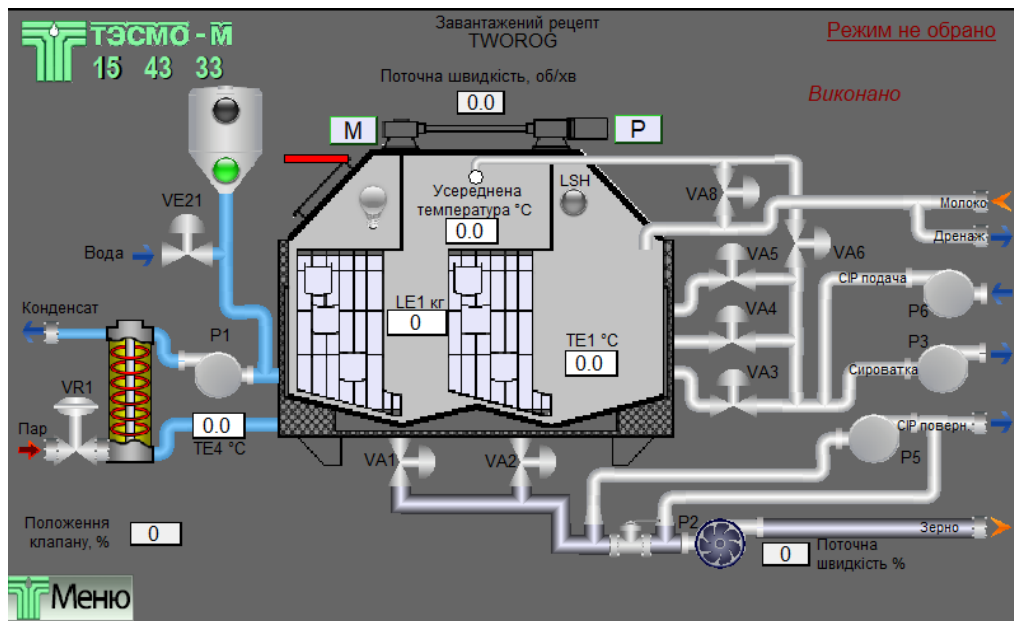


Рис.1 -Зображення екрану операторської панелі керування

Розроблена система може бути гнучко підлаштована під конкретні специфічні вимоги та має можливість подальшого розширення на інші технологічні ділянки.

Розроблена схема керування має значні переваги, такі як підвищення продуктивності та ефективності виробництва, покращення якості продукції завдяки точному контролю технологічних параметрів, зниження витрат на виробництво за рахунок оптимізації споживання енергії та ресурсів, зменшення впливу людського фактора на процес виробництва, можливість гнучкого налаштування та адаптації системи до потреб виробництва.

Впровадження автоматизованих систем керування є важливим кроком на шляху до модернізації молочної промисловості та забезпечення її конкурентоспроможності на сучасному ринку.

Перелік джерел посилання

1. Гришук Ю.С. Мікроконтролери: Архітектура, програмування та застосування в електромеханіці : навч. посіб. / Ю. С. Гришук. – Харків : НТУ «ХПІ», 2019. – 384 с

АНАЛІЗ ПОТРЕБИ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ВЗУТТЯ

Солом'яний Є. О., Горященко С.Л.
Хмельницький національний університет

Сучасне виробництво взуття є високотехнологічною галуззю, яка поєднує традиційні методи обробки матеріалів із сучасними автоматизованими процесами. Технічний зір відіграє важливу роль у забезпеченні якості продукції, контролю дефектів та оптимізації виробничих процесів. У цій статті буде розглянуто потребу у використанні систем технічного зору на різних етапах виробництва взуття.

Процес виробництва взуття складається з кількох основних етапів:

Розкроювання матеріалів – цей етап передбачає вирізання деталей взуття з натуральної шкіри, синтетичних матеріалів або текстилю. Точність розкроювання визначає рівень відходів і якість кінцевого виробу. Використання лазерних різаків та автоматизованих систем розкрою дозволяє мінімізувати втрати матеріалу та підвищити продуктивність. (Джерело: Industry 4.0 and footwear manufacturing)

Формування взуття – включає з'єднання вирізаних деталей, формування основи та підготовку підошви. Важливими аспектами є правильне поєднання матеріалів і контроль їхньої сумісності. Використання роботизованих маніпуляторів дозволяє уникнути людського фактора та підвищити точність складання. (Джерело: Automation in footwear production)

Склеювання та зшивання – визначає міцність і довговічність виробу. Нерівномірне нанесення клею або неточне зшивання можуть стати причиною браку. Системи технічного зору використовуються для контролю рівномірності склеювання та перевірки якості швів у реальному часі. (Джерело: Quality control in shoe manufacturing)

Фінальний контроль якості – на цьому етапі здійснюється перевірка готового взуття на наявність дефектів, відповідність стандартам та оцінка естетичного вигляду. Використання високоточних камер та штучного інтелекту дозволяє автоматично ідентифікувати дефекти, що недоступно для людського ока. (Джерело: AI in footwear quality assurance)

Системи технічного зору можуть значно підвищити якість та ефективність виробництва. Основні напрямки застосування включають:

- автоматизований контроль дефектів матеріалів – сканування поверхні шкіри, текстилю або полімерів для виявлення дефектів ще на етапі розкроювання;
- контроль точності нанесення полімерних покриттів – визначення рівномірності покриття та його відповідності технологічним вимогам;
- виявлення відхилень у формуванні взуття – аналіз правильності складання деталей, перевірка симетрії;
- перевірка якості швів та склеювання – виявлення дефектів з'єднання матеріалів.
- оптимізація розкроювання матеріалів – використання алгоритмів розпізнавання для мінімізації відходів.

Системи технічного зору базуються на сучасних технологіях, зокрема:

- камери високої роздільної здатності – для отримання детального зображення матеріалів;
- машинне навчання та нейронні мережі – для аналізу зображень, розпізнавання дефектів та прийняття рішень;
- лазерні та 3D-сканери – для оцінки геометрії взуття та перевірки відповідності форм;
- програмне забезпечення для аналізу якості – алгоритми виявлення дефектів у реальному часі;

Впровадження систем технічного зору дозволяє:

- зменшити кількість браку – автоматизований контроль якості мінімізує ризики

випуску неякісної продукції;

- оптимізувати виробничі витрати – зменшення відходів матеріалів та часу на перевірку продукції;

- підвищити продуктивність – автоматизація дозволяє збільшити швидкість виготовлення взуття;

- покращити стандарти якості – впровадження систем контролю робить процес виробництва більш надійним.

Висновки. Системи технічного зору є невід'ємною складовою сучасного виробництва взуття, забезпечуючи високу якість, ефективність та економічну доцільність. Використання технологій машинного навчання та комп'ютерного зору дозволяє автоматизувати контроль якості, зменшити витрати та покращити кінцевий продукт. Подальший розвиток цих технологій відкриває нові можливості для взуттєвої промисловості, роблячи її більш конкурентоспроможною та інноваційною.

Перелік джерел посилання

1. Нестеров, В. П., Козар, О. П., & Чалих, Д. А. (2009). Техніко-економічне обґрунтування методу автоматизованого проектування процесів виробництва. Науковий вісник Мукачівського технологічного інституту, (1), 31-35.

2. Матвієнко, О. В., Бабич, А. І., & Кернеш, В. П. (2016). Аналіз методів оцінки якості взуття і шкір для верху взуття. Технології та дизайн, (3), 1-6.

3. Бабич, А. І. (2021). Технологія виготовлення виробів з різних матеріалів. Київський національний університет технологій та дизайну.

4. Автоматизація технологічного процесу виробництва профілактичних устілок з використанням автоматизованих систем та модулів. (2015). Київський національний університет технологій та дизайну.

ПРОЕКТУВАННЯ ВАЛКОВИХ МЕХАНІЗМІВ ДЛЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ ПЛОСКИХ ДЕТАЛЕЙ ВЗУТТЯ В ПРОЦЕСІ ОБРОБКИ

Кармаліта А. К., Дзяворук О. Ф., Пундик С. І.
Хмельницький національний університет

В машинах легкої промисловості валкові механізми застосовуються досить часто з різною метою. Найчастіше – для подачі деталей на різучі інструменти, переміщення деталей та виробів для перемішування матеріалів. Часто валкові механізми застосовуються для з'єднання операцій транспортування та обробки матеріалів, наприклад, шліфування, різання, гладіння, друкування тощо.

У процесі проектування валкових механізмів необхідно знати зусилля, які виникають при транспортуванні і обробці виробів. Ці зусилля визначають навантаження на елементи машин, а також потужність привода. Оскільки транспортування виконується за рахунок сил тертя між валками і матеріалом, то необхідно забезпечити контакт матеріалу з валками з певним зусиллям.

Дослідженню фрикційних властивостей матеріалів, які застосовуються для деталей взуття, присвячено кілька досить багато робіт. Аналізуючи їх, можна зробити висновок про те, що більшість взуттєвих матеріалів мають різні фрикційні властивості лицьової і вивіротної поверхонь. Це передбачає можливість автоматичного орієнтування деталей з таких матеріалів за ознакою "лицьова сторона - вивіртна сторона" з використанням відмінності фрикційних властивостей поверхонь деталі з допомогою двох валків, які обертаються в різні сторони по відношенню до протилежних поверхонь плоскої деталі.

Проектування валкових механізмів можна розглянути на прикладі проектування механізму транспортуючих валків машин для роздвоювання та вирівнювання по товщині деталей низу та верху взуття, машин для шліфування деталей низу та інших машин прохідного типу [1].

Умови транспортування матеріалу залежатимуть від конструктивних особливостей валкових механізмів (рис.1).

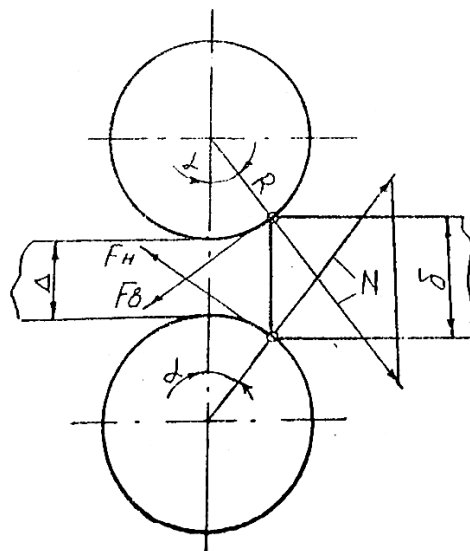


Рис. 1 – Схема сил, що діють на валки при переміщенні матеріалу валковими механізмами

Можуть бути різні випадки транспортування:

- двома приводними валками;
- одним приводним і одним притискним;
- одним приводним валком деталі, яка переміщується по опорній площині.

Умови захоплення валками матеріалу в початковий момент транспортування:

$$(F_n + F_g) \cos \alpha > 2N \sin \alpha, \quad (1)$$

$$N(F_n + F_g) \cos \alpha > 2N \sin \alpha, \quad (2)$$

$$\operatorname{tg} \alpha < \frac{f_n + f_g}{2}, \quad (3)$$

де α – кут захоплення матеріалу; N – нормальна складова сила тиску валка на матеріал; F_n , F_g – сила тертя відповідно між нижнім та верхнім валком і матеріалом; f_n , f_g – коефіцієнти тертя, відповідно між нижнім та верхнім валком і матеріалом.

Виходячи з (1–3) можна визначити зазор між валками залежно від δ – товщини матеріалу, що транспортується, і R – радіусу валків, вважаючи, що радіуси верхнього і нижнього валків однакові.

Згідно зі схемою на рисунку 1 можна записати:

$$R + \frac{\Delta}{2} = R \cos \alpha + \frac{\delta}{2}, \quad (4)$$

звідси

$$\Delta_{\min} = \delta - 2R(1 - \cos \alpha), \quad (5)$$

де $\Delta_{\max} = \delta$ при $\cos \alpha = 1$ або $\alpha_{\min} = 0$.

Визначені з (5) мінімальний і максимальний зазори можуть бути параметрами, що задаються для проектування пристрою для регулювання зазору між валками.

Перелік джерел посилання

1. Кармаліта А.К., Піскорський Г.А., Скиба М.Є. Методика математичного моделювання технології та механізмів легкої промисловості: Навч. посібник.-К.:ІЗМН, 1997.-184с.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДЛЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ НАТЯГУ НИТОК ОСНОВИ ОСНОВОВ'ЯЗАЛЬНИХ МАШИН

Мальчик М.Ю., Неймак В. С., Романець Т.П.
Хмельницький національний університет

Розвиток текстильного виробництва пов'язаний з розробкою ефективного обладнання, яке може забезпечувати високу якість продукції при мінімальних втратах сировини.

Удосконалення сучасних швидкісних основов'язальних (ОВМ) та в'язально-прошивних машин (ВПМ) здійснюється в напрямі зменшення обривності ниток основи та підвищення рівномірності структури петель, яка, частіше всього, порушується при перехідних процесах (пуск та зупинка машин) та при спрацюванні навоїв.

Як показали дослідження вчених та практиків з експлуатації основов'язального обладнання, найбільш ефективно можна зменшити обривність ниток та збільшити рівномірність структури петель за рахунок стабілізації натягу ниток основи. Досягається це за рахунок введення в систему заправки вискоефективних компенсаторів подачі та натягу ниток основи (в подальшому компенсатори), зокрема важільно-вагових компенсаторів.

Розв'язання цієї проблеми пов'язане з розробкою теоретичних методів розрахунку натягу ниток, зокрема, при нестабільних режимах роботи машин. На даний час такі розрахунки відсутні, оскільки й відсутні інженерні методи проектування пристроїв, що забезпечують ефективну стабілізацію натягу ниток основи для існуючого та майбутнього в'язального обладнання.

Метою досліджень є розробка системи керування важільно-ваговими компенсаторами для стабілізації натягу ниток основи основов'язальних машин

Для вирішення даної мети були поставлені наступні завдання:

- удосконалити конструкції важільно-вагових компенсаторів на предмет підвищення стабілізації середнього натягу ниток основи при сталих режимах роботи основов'язальних машин та в перехідні режими роботи;
- провести теоретичні дослідження по визначенню впливу конструктивних параметрів важільно-вагових компенсаторів на процес подачі та натягу ниток основи на основов'язальних машинах;
- розробити математичну модель та програмне забезпечення проектування важільно-вагових компенсаторів, що забезпечать сталий середній натяг ниток основи при перехідних режимах та спрацюванні навоїв;
- провести експериментальні дослідження ефективності роботи запропонованих конструктивних рішень для підвищення ефективності роботи основов'язальних машин.

Аналіз літературних джерел показав, що випуск високоякісної продукції досягнуто в області основов'язального виробництва з використанням основов'язальних (ОВМ) і в'язально-прошивних машин (ВПМ). Швидкість в'язання деяких видів сучасних основов'язальних машин досягає 3000 петельних рядів за хвилину, а завдяки практично необмеженим технологічним можливостям і області використання, ОВМ і ВПМ зайняли провідні місця в трикотажній промисловості, забезпечуючи третину світового виробництва трикотажних матеріалів.

Удосконалення ОВМ і ВПМ направлені в основному на зменшення обривності ниток основи, яка є достатньо високою, і підвищення рівномірності петельної структури, яка порушується при перехідних процесах, викликаних зупинкою машин, та спрацюванні навоїв.

Дослідження вітчизняних і закордонних вчених, практика експлуатації основов'язального обладнання показали, що найбільш ефективним напрямком зменшення обривності ниток основи, підвищення рівномірності петельної структури є стабілізація натягу ниток основи.

Розроблено математичну модель квазістатичної системи важільно-ваговий компенсатор – нитки основи.

Отримано математичну модель взаємодії ниток основи з циліндричними направляючими важільно-вагового компенсатора, на основі якої розроблено алгоритм знаходження умов проковзування ниток основи по транспортуючих роликам і особливостей формування натягу ниток основи в зоні їх взаємодії. Визначено межі використання транспортуючих роликів, як датчиків швидкості ниток основи. Створено експериментальну установку для моделювання роботи ВВК в пружній системі заправки ОВМ в умовах максимально наближених до виробничих. Для реєстрації та обробки даних використано систему LabVIEW. Результати експериментальних досліджень підтверджують достовірність результатів числового моделювання, так максимальна похибка не перевищує 4,8%.

Перелік джерел посилання

1. Марчук А. Р. Експериментальні дослідження важільно-вантажного стабілізатора середнього натягу ниток основи в'язальних машин в системі LabView / Г. Б. Параска, А. Р. Марчук, В. С. Неймак // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки. – 2010. – №2. – С.7-11.
2. Кіницький Я.Т. Теорія механізмів і машин в системі Mathcad: навч. посібник / Я. Т. Кіницький, В. О. Харжевський, М. В. Марченко. – Хмельницький: ХНУ, 2014. – 295 с.

**УДОСКОНАЛЕННЯ КРИВОШИПНО-КУЛІСНОГО МЕХАНІЗМУ
НИТКОПРИТЯГУВАЧА ШВЕЙНОЇ МАШИНИ**

Мудранинець В.В., Неймак В. С., Романець Т.П.
Хмельницький національний університет

Науково-технічний прогрес у будь якій її формі відіграє важливу роль у розвитку промислового виробництва, оскільки охоплює фундаментальні теоретичні дослідження, прикладні пошуки, конструкторські розробки і створення взірців нової техніки її освоєння в народне господарство.

У човникових швейних машинах операцію, пов'язану з подачею верхньої нитки до голки й човника, робить спеціальний робочий орган - ниткопритягувач. Механізм, що приводить його в рух, називають механізмом ниткопритягувача. На нього покладає виконання наступних завдань: подавати верхню нитку до голки й човника; видаляти петлю верхньої нитки із човникового комплекту; робити утяжку стібка, що утворився; змотувати чергову порцію нитки з катушки.

У результаті роботи ниткопритягувача верхня й нижня нитки човникового стібка переплітаються в середині матеріалів, що зшиваються. Тому що переплетення відбувається із силовим утяжкою верхньої нитки, те після утворення стібка матеріали щільно притискаються друг до друга.

Механізми ниткопритягувачів можуть мати різне конструктивне оформлення. Вдала конструкція механізму ниткопритягувача дозволяє значно підвищити швидкість роботи швейної машини.

Мета досліджень: провести аналітичні та числові дослідження кривошипно-кулісного механізму ниткопритягувача швейної машини 224 класу з метою оптимізації його параметрів.

Розглянуто технологічні питання ниткопритягування, класифікацію механізмів ниткопритягувачів, проведено огляд кулісних механізмів швейних машин. В результаті сформульовано мету магістерської роботи: провести аналітичні та числові дослідження кривошипно-кулісного механізму ниткопритягувача швейної машини 224 класу з метою оптимізації його параметрів.

Проаналізовано технічні характеристики швейної машини 224 кл, побудовано кінематичні діаграми, розроблено модель кривошипно-кулісного механізму ниткопритягувача з метою подальшого її дослідження та оптимізації.

Розглянуто методику кінематичного та динамічного аналізу за допомогою ЦЕОМ, розроблено схеми заміщення механізму та програму для кінематичного та динамічного аналізу кривошипно-кулісного механізму ниткопритягувача, отримані результати вказують на необхідність подальшого аналізу кривошипно-кулісного механізму ниткопритягувача швейної машини 224 кл для оптимізації його технологічних параметрів.

Перелік джерел посилання

1. Технологічне обладнання швейного виробництва: Навчально – методичний посібник для самостійної роботи студентів/ уклад. Людмила Ми-колаївна Хоменко. – Умань: ФОП Жовтий О.О., 2016. – 134 с.
2. Пищиков В.О., Орловський Б.В. Кінематичне дослідження програмоносіїв швейних машин-напівавтоматів.– К.:Вісник КНУТД, №4, 2011, с.48-54.

**РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РІВНОМІРНОГО
РОЗПОДІЛЕННЯ ШТУЧНОГО ПУХОВОГО НАПОВНЮВАЧА
В КАМЕРІ ТЕКСТИЛЬНОГО ВИРОБУ**

В. Лонський, А. Кармаліта
Хмельницький національний університет

Синтетичний пуховий наповнювач є альтернативою натуральному пуху, що використовується у виробництві одягу, подушок, ковдр, меблів та інших виробів. При використанні направлено стиснутого повітря для процесу розподілу, по камері деталі текстильного виробу, значно впливають його фізичні характеристики.

Основними властивостями синтетичного штучного наповнювача є:

Легкість:

- синтетичний пух виготовляється з поліефірних (синтетичних) волокон, які мають малу масу та великий об'єм;
- завдяки цьому матеріал добре утримує повітря, забезпечуючи теплоізоляцію;
- як і натуральний пух, він легко підхоплюється повітряним потоком, що дозволяє його ефективно розподіляти у камері;

Здатність до агрегації (злипання):

- штучний пух складається з мікрОВОЛОКОН, які можуть злипатися при підвищеній вологості або статичному заряді;
- залежно від типу обробки волокна можуть бути покриті силіконовим або антистатичним шаром для зниження агрегації;
- в процесі автоматизованого розподілу важливо використовувати спеціальні розпушувачі або регулювати параметри потоку повітря;

Електростатичний ефект:

- на відміну від натурального пуху, синтетичні волокна мають вищу здатність накопичувати статичний заряд, що може призводити до прилипання матеріалу до стінок камери або трубопроводів при транспортуванні повітряним потоком.

Штучний пуховий наповнювач, складається з легких синтетичних мікрОВОЛОКОН, та має специфічну поведінку в потоці стиснутого повітря. Для рівномірного розподілу наповнювача необхідно враховувати закони аеродинаміки та вплив турбулентності.

Потрібно враховувати основні аеродинамічні властивості синтетичного пухового наповнювача, такі як:

- відношення маси до площі поверхні;
- погано прогнозовані рухи в ламінарному потоці через хаотичні взаємозв'язки між волокнами;
- через дрібні волокна можуть утворюватися вихрові потоки.

Також потрібно враховувати вплив турбулентності на розподіл частинок. При русі стиснутого повітря через форсунки виникає турбулентний потік, який сприяє більш рівномірному переміщенню пуху, також турбулентні вихори будуть розпушувати частинки пуху та зменшувати злипання частинок між собою. Проблемою може бути надмірна турбулентність яка може спровокувати осідання частинок на стінках камери.

При розробці системи потрібно буде правильно оптимізувати та налаштувати механізми подачі повітря.

Побудова та розрахунок такої системи зводиться до опису динаміки потоку повітря, взаємодії з пухом і його переміщення в середовищі. Для цього використовують принципи механіки рідин і газів, а також елементи гідродинаміки та аеродинаміки.

Основні фактори які потрібно врахувати:

- швидкість потоку повітря v - один з основних параметрів, що визначає ефективність переміщення пуху.

– тиск повітря p - тиск, що створюється для подолання опору повітря і переміщення пуху.

– маса пуху m і густина пуху $\rho_{\text{пх}}$

– аеродинамічний опір — опір повітря, який надається частинкам пуху під час їх переміщення.

Рівняння руху для частинок пуху.

Частинки пуху можна моделювати як малі тверді частинки в потоці повітря, для яких діє сила аеродинамічного опору. Прискорення частинок пуху можна описати рівнянням:

$$m \cdot a = F_{\text{повітря}} - F_{\text{опір}}$$

де m - маса частинки пуху; a - прискорення частинки пуху; $F_{\text{повітря}}$ - сила, що створюється потоком повітря (залежить від швидкості потоку і напрямку); $F_{\text{опір}}$ - сила опору, яка залежить від аеродинамічних властивостей пуху (враховує розмір, форму, та інші характеристики).

Аеродинамічний опір можна описати через рівняння Стокса (для малих частинок), або рівняння для турбулентних потоків (для більших часток):

$$F_{\text{опір}} = \frac{1}{2} C_d \rho_{\text{повітря}} A v^2$$

де C_d — коефіцієнт аеродинамічного опору (залежить від форми та розміру частинки); $\rho_{\text{повітря}}$ — густина повітря; A — площа поперечного перерізу частинки пуху; v — швидкість потоку повітря.

Рівняння рівноваги: Якщо передбачається, що потік повітря має сталу швидкість і частинки пуху досягли стабільного положення в потоці, можна встановити рівновагу між силою, яку надає потік повітря, і силою опору, що діє на частинку пуху. Це дозволяє визначити характер руху пуху, зокрема його швидкість у потоці.

Взаємодія частинок пуху між собою: У реальних умовах часто відбувається взаємодія між частинками пуху, що може спричинити зміну траєкторій їх руху через сили згурпування або відштовхування. Цю взаємодію можна описати через систему рівнянь для кожної частинки в потоці, з урахуванням відстані між частинками та їх маси.

Перелік джерел посилання

1. Технічна механіка рідин і газів: основні теоретичні положення та задачі. Навчальний посібник для студентів інженерно-технічних спеціальностей. Б. М. Завойко, Н. П.; за ред. В.М. Жука. – Львів: «Новий світ – 2000», 2004. – 119 с.
2. Теоретична механіка. Динаміка. Динаміка матеріальної точки. Навчальний посібник для студентів всіх спеціальностей. Водозаська О. Г., Подлесний С. В., Іскрицький В. М. – Краматорськ: ДДМА, 2012. – 103 с.
3. Textiles for cold weather apparel. Woodhead Publishing in Textiles: Number 93. Edited by J. T. William. Woodhead Publishing Limited, 2009 – 410p.

УДОСКОНАЛЕННЯ ШВЕЙНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ОДНОНИТКОВОГО ЛАНЦЮГОВОГО СТІБКА

Страз Б.М., Неймак В. С., Романець Т.П.
Хмельницький національний університет

Виготовлення швейних виробів в даний час зв'язано з застосуванням спеціальних машин, напівавтоматів, автоматів та автоматичних ліній, що виключають по можливості ручну працю на технологічних операціях.

Легка промисловість відіграє важливу роль у житті кожної людини. Тому її стан відбивається на кожному з нас. Легка промисловість є однією з найбільш соціально вагомих галузей народного господарства, адже воно є провідною з виробництва товарів народного споживання. Переважна більшість підприємств легкої промисловості України нині виробляють добротну сучасну продукцію за помірними цінами, завдяки чому на внутрішньому ринку зміцнюється попит на вітчизняні товари. Легка промисловість України експортує свої товари й до країн Західної Європи, США, Канади, що свідчить про досить високий рівень їх конкурентоспроможності, бо там ставлять високі вимоги до якості товарів.

Для того щоб розвивалась економіка України, насамперед потрібно щоб розвився науково-технічний прогрес. Науково-технічний прогрес – це неперервний прогрес одержання і впровадження в основному у виробництво, і всієї сфери життя. Тому НТП слід розглядати як систему, що охоплює три взаємопов'язані стадії, науки, техніки, виробництво. НТП є також, важливішим засобом вирішення соціально-економічних завдань, а саме охорони навколишнього середовища, покращення умов праці, підвищення добробуту населення.

В даний час в швейній промисловості ведеться робота по подальшій механізації виробничих процесів, автоматизації допоміжних операцій. Освоєний ряд машин, що виконують дві чи декілька технологічних операцій. Розробляються та застосовуються машини напівавтоматичної та автоматичної дії та багатоопераційні машини для обробки деталей швейних виробів.

По характеру технологічного процесу та стібків, що утворюються швейні машини діляться на машини загального призначення та спеціальні.

З використанням нових видів матеріалів, структурних переплетень, стібків для виготовлення швейних виробів виникає необхідність в переробці, або вдосконаленні існуючих швейних машин для покращення їх технологічних характеристик.

Метою досліджень є модернізація швейної машини класу 1022 для виконання однониткового ланцюгового стібка.

Розглянута класифікація строчок, переплетень та технологій їх утворення, зокрема, проведено аналіз існуючих однониткових ланцюгових переплетень із різноманітними робочими органами: обертовим петельником, підводчиком, коливним петельником, петельником, що рухається по складній траєкторії, проведено аналіз існуючих двохниткових ланцюгових переплетень. Також проведено огляд двохниткових ланцюгових стібків та процесів їх утворення згідно авторських свідоцтв.

Розроблено удосконалену конструкцію швейної машини із можливістю утворення як човникового, так і ланцюгового стібка, що є досить перспективним у теперішній час, враховуючи досить велику кількість дрібних підприємств. Наступною задачею буде проведення необхідних розрахунків.

Проведено розрахунки елементів удосконаленої швейної машини, також розраховано навантаження на нитку у разі виконання ланцюгового стібка для жорстких та м'яких матеріалів. Встановлено, що розроблена конструкція є працездатною.

Результати роботи планується використовувати в подальшому для запуску запропонованих машин в серійне виробництво.

1. Деклараційний патент на винахід №51983А Україна D05B1/10, Терещенко О.П., Капустенський П.Г., Шевченко І.А., "Спосіб утворення двохниткового ланцюгового стібка". Заявлено 04.12.2001р. опубліковано 16.12.2002р. бюл. №12.

2. Технологічне обладнання швейного виробництва: Навчально – методичний посібник для самостійної роботи студентів/ уклад. Людмила Миколаївна Хоменко. – Умань: ФОП Жовтий О.О., 2016. – 134 с.

3. Орловський Б. В. Технологічне обладнання галузі (швейне виробництво) [Текст] : навч. посіб. / Б.В.Орловський, Н.С.Абрінова. - К. :КНУТД, 2013. - 285 с.

УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ БАРАБАННОЇ ПРАЛЬНОЇ МАШИНИ

Галунко В.О., Неймак В. С., Романець Т.П.
Хмельницький національний університет

Барабанні пральні машини забезпечують автоматизацію всього технологічного процесу обробки матеріалу й функціональну універсальність. Ці машини відрізняються найменшим механічним впливом на оброблюваний матеріал у режимі прання з боку обертового барабана і його елементів, що забезпечує незначне зношування оброблюваного матеріалу. Однак барабанні пральні машини відрізняються й низькою інтенсивністю об'ємного перемішування оброблюваного матеріалу, що приводить до значної тривалості їх робочого циклу. Звідси головним напрямком їх удосконалення є інтенсифікація й підвищення економічності виконання основних операцій робочого циклу, а також поліпшення експлуатаційних показників машин.

Механічний вплив на матеріал визначається режимами обертання барабана й конструктивним виконанням його елементів. Сучасні конструкції барабана і його гребенів мають обмежену можливість інтенсифікації об'ємного перемішування оброблюваного матеріалу, а крім того, у них також обмежена можливість підвищення ефективності здійснення відцентрового віджиму, оскільки утруднене одержання необхідного рівномірного розподілу матеріалу, що віджимається, при прискореному обертанні барабана. Також для цих машин важливим завданням є забезпечення раціональної витрати води. Для його розв'язку необхідно відповідно як подальше вдосконалювання робочого циклу таких машин, так і вдосконалювання їх системи автоматичного наповнення водою прального бака, робота якої ґрунтується на використанні контролюючого пневматичного пристрою з фіксованим настроюванням величини спрацьовування вимірюваного параметра, що обмежує її можливість. Тому є доцільним створення більш досконалих конструкцій робочих органів барабанних пральних машин і їх основних елементів, які забезпечували б інтенсифікацію й підвищення економічності обробки, а також, поліпшення експлуатаційних показників машин.

Для створення нових і модернізації існуючих конструкцій робочих органів барабанних пральних машин необхідно провести аналітичні й експериментальні дослідження впливу основних конструктивних факторів таких машин на інтенсифікацію обробки матеріалу й підвищення економічності виконання операцій їх робочого циклу. Крім того, підвищення економічності обробки в барабанних пральних машин значною мірою залежить від оптимальності їх робочого циклу.

Робота спрямована на створення високоефективних барабанних пральних машин на основі досліджень впливу їх основних конструктивних факторів на інтенсифікацію обробки матеріалу та поліпшення експлуатаційних показників машин.

Розглянуто технологічні процеси прання та віджиму у барабанних пральних машинах. Проаналізовано гідромеханічні процеси в барабанних пральних машинах. Виконано моделювання форми поверхні гребеня при віджимі білизни, запропоновано нову форму поверхні гребеня, що дасть змогу здійснювати більш рівномірний розподіл білизни при виході на режим віджимання. Запропоновано режими виходу барабана на максимальну частоту обертання.

Перелік джерел посилання

- 1 Бондаренко М. Й. Інженерне проектування та розрахунок електро-побутової техніки : навч. посіб. / М. Й. Бондаренко, С. А. Демішонкова. – Київ : КНУТД, 2019. – 185 с.
2. О. Ю. Воляник, І. В. Петко Дослідження взаємодії обичайки та гребенів барабану з оброблюваним матеріалом під час обертання барабану з підвищеною швидкістю / Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. – 2019. – №2. – С. 32–36.

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Максимчук І.А., Романець Т.П.

Хмельницький національний університет

Людство за останнє століття досягнуло такого прогресу у власному розвитку, якого не змогло досягнути протягом попередніх двох тисяч років. Звичайно ж, жодне виробництво не є безвідходним [1]. Європа і Америка вже давно сурмлять про велику шкоду, яку наносять навколишньому середовищу звалища відходів, забруднюючи не тільки повітря, але і ґрунт, і ґрунтові води, які врешті-решт все одно споживає людина.

Безумовно, ефективне та раціональне використання технологічних відходів і вторинних матеріальних ресурсів впливає на інтенсивність розвитку народного господарства і, що найголовніше, вимагає нового підходу до економії матеріалів та сировини. Однак це повністю не вирішує цієї проблеми, яка постала перед багатьма підприємствами-виробниками. У розвинутих країнах багато фірм у свої виробничі програми вже давно включили спеціалізовані машини для переробки вторинних матеріальних ресурсів і різних технологічних відходів.

Раціональна витрата матеріальних і енергетичних ресурсів, а також захист навколишнього середовища від забруднення завжди були і є сьогодні пріоритетними напрямками розвитку економіки України. А для цього необхідно не тільки зменшити кількість виробничих відходів, але також розробляти і досліджувати процеси їх повторного використання.

Метою роботи є розробка ресурсозберігаючих технологій та обладнання для переробки відходів легкої промисловості а та їх використання в матеріалах та виробках взуттєвого виробництва.

Переробка відходів полімерів, що утворюються при виробництві виробів легкої промисловості, має економічне і екологічне значення. Окрім цього, залучення у виробництво товарів легкої промисловості полімерних матеріалів, отриманих з відходів інших галузей, дасть можливість здешевлення сировини і навіть може стати поштовхом для отримання полімерних композицій з більш якісними споживчими властивостями.

В роботі запропоновано технологію переробки відходів полімерних матеріалів. Для її реалізації розроблено відповідне обладнання – гранулятор з плоскою матрицею.

Виконано аналітичний опис процесу взаємодії робочих органів запропонованого пристрою з матеріалами, що переробляються на ньому.

Основними вимогами до прес-грануляторів є виробництво гранул необхідної щільності, міцності, розмірів при забезпеченні паспортної продуктивності.

Встановлено, що на величину тиску пресування впливають такі конструктивні характеристики, як радіус пресувального ролика, регульований зазор між циліндричною поверхнею пресувального ролика та матрицею, діаметр циліндричного каналу філь'єри та його довжина, розмір конічного каналу матриці та кут при вершині конуса.

Крім конструктивних характеристик на тиск пресування впливають і фізичні характеристики спресованої дрібнодисперсної полімерної сировини, такі як границя текучості, модуль пружності, коефіцієнт Пуассона, коефіцієнт тертя спресованої полімерної сировини об стінки філь'єри, а також відносне розширення гранули після виходу з філь'єри матриці.

Перелік джерел посилання

1. Промислова екологія – Ресурсоенергозбереження у галузі переробки по-лімерів. URL: <http://eco.com.ua/content/resursoenergozberezhennya-v-galuzi-pererobki-polimeriv> (дата звернення 20.11.2024).
2. Рубанка М. М. Відходи легкої промисловості, способи переробки та області подальшого використання / М. М. Рубанка, В. П. Місяць // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. - 2015. - № 4 (88) : Серія "Технічні науки". - С. 34-39.

**ЗАХВАТНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПЛОСКИХ ДЕТАЛЕЙ
ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

Міхалець Р.В., Романець Т.П., Неймак В.С.
Хмельницький національний університет

Актуальність робіт в області автоматизації складання взуття обумовлена складністю і великим числом технологічних переходів, значною питомою вагою ручної праці при їх виконанні, недостатнім завантаженням технологічного обладнання внаслідок більших затрат часу на виконання допоміжних прийомів та операцій. Розвиток техніки і технології виробництва взуття, розширення асортименту продукції машинного виробництва і більш раціонального використання взуттєвих матеріалів приводять до виготовлення багатодетальних конструкцій взуттєвих заготовок.

Спроба створення автоматизованих агрегатів та ліній для складання взуття на базі традиційних технологічних методів свідчать про недостатню ефективність вказаних технічних систем, їх велику конструктивну складність і малу мобільність.

Завдання галузі полягає в прискоренні науково-технічного прогресу на абсолютно нових технологічних принципах. Перш за все шляхом розробки і освоєння автоматизованих ліній та їх систем, тобто технологічних комплектів, обладнаних автоматичними маніпуляторами та лініями.

Зараз все більше уваги приділяється створенню напівавтоматичного та автоматичного обладнання, що дозволяло б автоматизувати технологічні операції складання взуття. Такий рівень розвитку промисловості вимагає створення спеціальних засобів автоматизації, наприклад, завантажуючих пристроїв, захватних та подаючих механізмів, орієнтованих пристроїв, засобів автоматичного контролю, керування тощо.

Особливе місце серед них займають пристрої для поштучного відокремлення і подачі деталей, без яких не може бути повністю або частково автоматизований ні один технологічний процес складання виробів. Створення таких пристроїв значно ускладнюється фізико-механічними властивостями матеріалів, різноманітністю геометричних форм, якістю матеріалу [1].

У вирішенні завдання підвищення продуктивності праці велику роль відіграють такі фактори як механізація та автоматизація виробництва технологічних процесів на базі широкого використання різних пневмоприводів. Темпи впровадження їх в різні галузі промисловості як в нашій країні, так і за кордоном за останній час різко зросли [2].

Перед авторами поставлено завдання – розробити універсальний захватний пристрій, який може працювати з деталями різних розмірів, форм та поверхневої щільності.

Для цього було проведено аналіз методів та засобів поштучного відокремлення деталей від пачки, запропоновано два види робочих органів захватного пристрою для захоплення та транспортування деталей. Пророблено методику розрахунків механізму голкового типу та пневматичного вакуумного присосу. Виконано креслення захватних органів та запропонованих конструкцій пристрою. Проведено експериментальні дослідження по визначенню залежності часу утримання деталі захватним пристроєм.

Також розроблено конструкції технологічно гнучких захватних пристроїв для поштучного відокремлення та подачі плоских деталей верху взуття, що забезпечує їх високу технологічну гнучкість та надійність виконання процесу маніпулювання.

Перелік джерел посилання

1. Проць. Я.І. Захоплювальні пристрої промислових роботів: Навчальний посібник. – Тернопіль: Тернопільський державний технічний університет ім. І. Пулюя, 2008. – 232с.
2. Я. І. Проць, В. Б. Савків, О. К. Шкодзінський, О. Л. Ляшук. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / Тернопіль: ТДТУ ім.І.Пулюя - 2011. - 344 с.

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ МАТЕРІАЛІВ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Міхалець Б.В., Романець Т.П., Неймак В.С.
Хмельницький національний університет

Матеріали, що використовуються для виготовлення виробів легкої промисловості, повинні бути міцними, добротними і красивими. Виготовлені з них вироби повинні бути ошатними й у процесі носки тривалий час зберігати незмінними свій зовнішній вигляд і експлуатаційні властивості [1].

У виробках, виготовлених з повітропроникного матеріалу, волога добре витісняється назовні, що спричиняє забезпечення комфорту, сухості навіть під час тривалого носіння. Вироби, виготовлені з матеріалу, що не пропускає повітря, блокують вологу з теплом усередині. Це є причиною дискомфорту від носіння, а також появи неприємного запаху.

Щоб правильно вирішувати питання проектування і виробництва добротних матеріалів різного цільового призначення й оцінювати їх якість, треба мати розроблені науково обґрунтовані об'єктивні методи їхньої оцінки і відповідну апаратуру (прилади).

Є методи і прилади для оцінки міцності, розтяжності, втоми при багаторазовому розтяганні і згині, твердості, зминання, усадки від змочування, гігроскопічності, проникності (водопроникності, повітропроникності, паропроникності, пилопроникності, теплопровідності тощо), міцності фарбування, теплостійкості, стійкості матеріалів до стирання, дії світлопогоди тощо.

Для ряду експлуатаційних властивостей матеріалів об'єктивних методів їх оцінки поки не створено. Серйозним недоліком є те, що значна частина робіт і методик по оцінці якості матеріалів часто не доводиться до кінця і не виходить за межі лабораторій інститутів.

Розроблювальні методики оцінки якості матеріалів часто не впроваджуються в промисловість, тому що по цих методиках не встановлюються обов'язкові для промисловості норми. Ось чому в діючих ДСТ і ТУ якість матеріалів дотепер фактично оцінюється показниками міцності, подовження, щільності, ваги, наявності зовнішніх пороків і інших показників, що не характеризують цілком їх експлуатаційні властивості.

У результаті цього в практиці роботи промисловості буває так, що виріб, виготовлений із матеріалу, що відповідає вимогам існуючих ДСТ і ТУ, у процесі експлуатації виявляється незадовільної якості.

Багато фізичних властивостей матеріалів, що мають важливе гігієнічне значення (повітропроникність, теплопровідність, тощо.), у ТУ взагалі не враховуються.

Слід зазначити, що численні роботи, проведені в області гігієнічної оцінки матеріалів легкої промисловості для різних умов праці і зовнішнього середовища, ведуться у відриві від виробництва матеріалів та виробів з них і не роблять істотного впливу на практику виробництва взуття та шкіргалантерейних виробів.

У результаті цього в практиці роботи легкої промисловості дотепер вибір матеріалів для виготовлення виробів відбувається чисто емпірично, без достатнього врахування гігієнічних вимог до взуття, кліматичних умов, умов праці й інших факторів, що знижує якість виробів і веде в процесі виробництва до необґрунтованих надмірностей у витраті сировини і праці.

Перераховані вище недоліки завдають матеріальної шкоди державі і споживачеві.

У цих умовах значення лабораторних методів оцінки якості матеріалів здобуває особливо важливе значення. Можна без перебільшення сказати, що в сучасному матеріалознавстві розробка об'єктивних методів оцінки якості матеріалів є однією з найважливіших і актуальних наукових проблем.

Метою роботи є вивчення процесу протікання повітря крізь матеріал та розробка пристрою для визначення повітропроникності матеріалів.

В результаті проведеного аналізу вияснилось, що існуючі пристрої для вимірювання

повітропроникності матеріалів є недостатньо універсальні і можуть використовуватись для вузького, обмеженого кола матеріалів.

Розроблений пристрій складається з системи вакуумування, пристрою для закріплення досліджуваного зразка та контрольно-вимірювальної апаратури.

Конструкція пристрою дозволяє контролювати глибину вакууму в порожнині робочого органу з точністю до $2 \cdot 10^{-3}$ Па, час протікання повітря через зразок з точністю до 0,01с, об'єм повітря з точністю до $1 \cdot 10^{-4}$ м³. Система вакуумування складається з вакуум-насоса, елементів пневматики та з'єднувальних ліній. Принципова схема системи показана на рисунку 1.

Вакуум-насос ВН створює розрідження в головному ресивері Р1. Контроль ступеня розрідження здійснюється за допомогою мановакуумметра МВ1. Вакуумна лінія приєднується до головного ресивера через магнітний клапан КМ1, який служить для відключення вакуумної лінії від ресивера по закінченні роботи пристрою. Стабілізатор тиску повітря СТП дозволяє регулювати і підтримувати задане розрідження в ресивері Р2, що підключається до головного через магнітний клапан КМ2. Мановакуумметр МВ2 з контактними стрілками служить для контролю тиску в ресивері сталого розрідження Р2. Крім того він в парі з стабілізатором тиску повітря підтримує заданим розрідження в ресивері Р2. При досягненні величини розрідження, заданої задатчиком мановакуумметра МВ2, останній автоматично вимикає магнітний клапан КМ2, який перекриває вакуумну лінію що з'єднує ресивери Р1 та Р2. При зменшенні величини розрідження в Р2 контакти мановакуумметра МВ2 замикаються і клапан КМ2 відкриває вакуумну магістраль. Таким чином в ресивері Р2 автоматично підтримується рівною заданій і сталою величина розрідження.

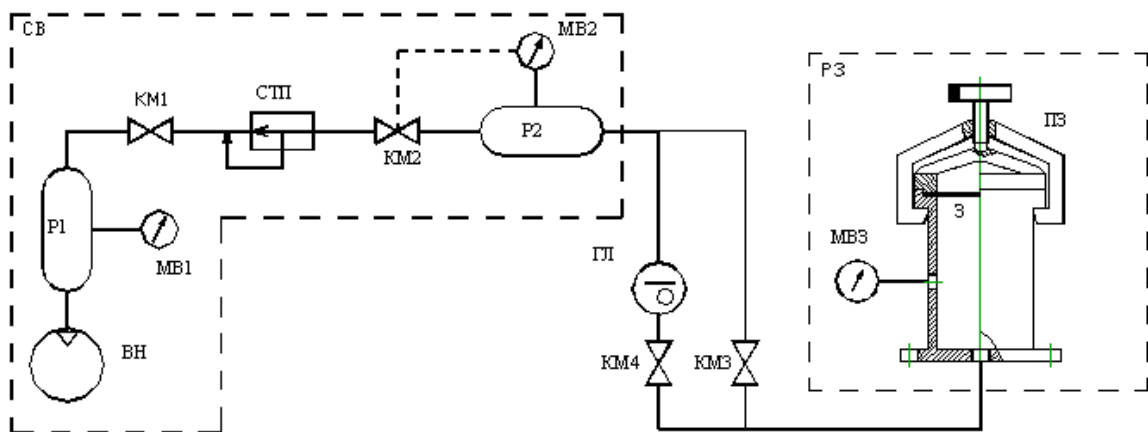


Рис.1 - Принципова схема вакуумної системи пристрою для визначення повітропроникності матеріалів

До основної вакуумної системи СВ через магнітні клапани КМ3 та КМ4 підключено затискний пристрій ПЗ в який встановлено зразок 3 матеріалу повітропроникність якого потрібно визначити. Об'єм повітря що пройшло крізь зразок контролюється газовим лічильником ГЛ. Зразковий мановакуумметр МВ3 служить для точного контролю розрідження в робочій зоні Р3.

Запропонована конструкція установки дозволяє вимірювати повітропроникність в широкому діапазоні значень і може бути використана при роботі з натуральними та штучними шкірами, а також дубльованими матеріалами та тканинами.

Перелік джерел посилання

1. Рибальченко В.В., Коновал В.П., Хом'як М.Є., Шевченко Г.І. Матеріалознавство виробів легкої промисловості: Підручник. – К: КНУТД, 2008 р. – 320 с.
2. Високотехнологічні конкурентоспроможні і екологічно орієнтовані волокнисті матеріали та вироби з них: монографія / [П.А.Глубіш, В.М.Ірклей, Ю.Я.Клейнер та ін.] – К.: Арістей, 2007.– 265 с.

ЕЛЕКТРОПРИВІД ПОБУТОВОЇ В'ЯЗАЛЬНОЇ МАШИНИ

Сушко В.В., Романець Т.П., Неймак В.С.
Хмельницький національний університет

В'язані речі зручні, практичні, модні. Купити їх можна на ринку чи в крамниці. Однак існує прошарок людей, які самі виготовляють в'язані речі для себе, друзів та знайомих, реалізуючи при цьому свої творчі здібності. Саме для них ідеально підходять побутові в'язальні машини з комп'ютерним керуванням. Вони дозволяють реалізувати досить широкий спектр одно та двошарових переплетень. Зручна робота з узорами та слідкування за голками при добавлянні та збавлянні петель.

У трикотажних ательє, будинках побуту для в'язання дизайнерських виробів за індивідуальним замовленням, а також дома для власних потреб досить поширені одно та двофонтурні в'язальні машини фірм Silver Reed, Brother, Toyota, Veritas та інші. Вони мають досить широкі технологічні можливості. На них можна виготовляти в'язані вироби будь-якої складності та широкою гамою переплетень, як головних так і рисунчастих і комбінованих.

Однак при в'язанні більшої частини виробу в'язальниця виконує монотонну фізичну роботу, переміщаючи каретку.

Тому досить актуальною є проблема розробки електричного привода для зворотно-поступального переміщення каретки.

Використання електропривода дозволить звести до мінімуму ручну працю оператора в'язальної машини, підвищити продуктивність праці і якість виготовлених виробів за рахунок рівномірності руху каретки в'язальної машини.

Завданням роботи є розробка електропривода для побутової в'язальної машини Silver Reed SK840. Привід має забезпечувати наступні вимоги: зусилля переміщення каретки 120 Н; максимальний робочий хід каретки 1200мм.; максимальна швидкість переміщення каретки 1 м/с; регулювання ходу каретки від 0,2 до 1 м.

Приводи плосков'язальних фангових машин перетворюють обертальний рух, одержуваний від електродвигуна, у зворотно-поступальний замкових кареток і нитководів [1]. При цьому каретки мають проходити зону працюючих голок з постійною швидкістю, оскільки зміна швидкості впливає на розмір петель.

У результаті виконаного проектування був розроблений електропривід для побутової в'язальної машини Silver Reed SK 840.

Привод має функцію швидкої зупинки у випадку закінчення або обриву нитки, поломки вузлів або сильного навантаження на двигун машини. У випадку аварійної зупинки, на екрані відображається код помилки, що послужила причиною зупинки. Швидкість роботи привода залежить від ширини виробу, середня величина - порядку 20-25 проходів у хвилину, включаючи автоматичну зміну кольорів. Всі параметри роботи привода в'язальної машини встановлюються на його окремому блоці керування - довжина проходу, тип руху, швидкість тощо. З автоматизованим електроприводом Silver Reed SK840 перетворюється на напівпромислому машину здатну чудово робити технологічні операції в автоматичному режимі й розвивати необхідну швидкість переміщення каретки.

У комп'ютер можна внести візерунок або малюнок з максимальними розмірами 200 стовпців (тобто голок усього 200) на майже 1200 рядів для стандартних візерунків й 200 стовпців на 300 рядів для різнокольорових візерунків (жаккард).

Перелік джерел посилання

1. Б.В. Орловський, В.М. Дворжак. Плосков'язальні машини (комп'ютерні, напівавтоматизовані, ручні). Конструкція та сервісне обслуговування: Навчальний посібник. – К.: КНУТД, 2012.– 247 с.
2. Коваленко І. О. Кроковий електропривод з векторним керуванням / І. О. Коваленко, М. О. Остапеч, Т. О. Остапеч. URL: <http://epa.kpi.ua/wp-content/uploads/2016/02/15-KROKOVIIJ-ELEKTROPRIV OD-Z-VEKTORNIM-KERUVANNYAM.pdf> (дата звернення: 24.10.24).

ОГЛЯД ТКАНИН ТА МОЖЛИВІСТЬ НАНЕСЕННЯ НА НИХ ПОКРИТТЯМ

Мазур А., Горященко С.Л.

Хмельницький національний університет

Тканини з покриттям поєднують в собі переваги основної тканини та полімерного покриття. Як результат, тканини з покриттям мають багато властивостей, які жоден з компонентів окремо не може забезпечити, тому необхідно ретельно підходити до вибору як основної тканини, так і полімерного покриття. Тканина-основа забезпечує механічну міцність протилежного матеріалу і підтримує шар покриття. Якість основи має важливе значення для нанесення якісного покриття. Це пов'язано з тим, що новачки в галузі іноді вважають, що покриття може покрити дефектну тканину, тому іноді на покриття спрямовують другу високоякісну тканину. На практиці дефекти часто стають більш помітними, а вартість відбракованих тканин з покриттям з доданою вартістю покриття значно вища, ніж для базової тканини. Поліестер і нейлон є основними волокнами, що використовуються, завдяки їхній міцності та загальній стійкості до вологи, масла, мікроорганізмів і багатьох поширених хімічних речовин. Загалом, поліестер більш стійкий до світла та ультрафіолетового (УФ) випромінювання, ніж нейлон, а нейлон більш стійкий до гідролізу. Однак, поліестер виріс за рахунок нейлону завдяки кращій стабільності розмірів, меншій стійкості, меншій еластичності і, загалом, меншій вартості.

Високоміцні нейлонові та поліефірні нитки використовуються в багатьох сферах застосування покриттів для підвищення міцності, тоді як арамідні волокна застосовуються там, де потрібні менш спеціалізовані властивості, такі як високе співвідношення міцності до ваги або стійкість до високих температур. Акрилові волокна використовуються там, де потрібна дуже висока стійкість до ультрафіолетового випромінювання, наприклад, для тентів, автомобільних дахів і кабриолетів.

Бавовна була першою тканиною, що використовувалася для текстильних чохла, і досі використовується у великих кількостях. Однак там, де потрібна міцність, її замінили нейлон і поліестер, які мають набагато краще співвідношення міцності до ваги. Бавовна також схильна до гниття та ураження мікроорганізмами, але вона має переваги, яких немає у синтетичних волокон, наприклад, високу адгезію до полімерів. Шорстка поверхня бавовни і коротка довжина волокон збільшують можливість механічної фіксації полімеру.

Синтетичні волокна з гладкими безперервними нитками часто потребують більш спеціалізованих засобів для полегшення адгезії між волокном і полімером, зокрема пластизолів ПВХ і гумових покриттів. Однак, текстильні матеріали з бавовни або пряжі, як правило, не можуть бути безпосередньо покриті для виготовлення легких тканин з покриттям, особливо водонепроникних матеріалів. Це пов'язано з тим, що краї волокон можуть утворювати контактні отвори або «дряпатися і дражнитися», що призводить до скрипучої поверхні і, як правило, поганої стійкості до стирання і води. Це не так, якщо товщина покриття достатня, щоб повністю покрити краї будь-якого шару.

Тканини, виготовлені з безперервних ниток з текстурованою обробкою, наприклад, тимчасовим скручуванням, в деяких випадках можуть мати пряме покриття, а нитки можуть бути використані для поліпшення адгезії покриття механічними засобами. Спеціальні види нейлону і поліестеру, такі як високоміцні (HT) і малоусадкові (LS), використовуються для покриття таких виробів, як брезент і конвеєрні стрічки. Склотканина використовується як підкладка під покриття з ПТФЕ в промислових цілях, таких як каландровані стрічки і будівельні конструкції. У цих сферах застосування використовуються, зокрема, дуже висока міцність, дуже низьке подовження і відмінні вогнезахисні властивості скла. Скляні волокна мають низьку стійкість до вигину і не можуть бути використані в конструкціях, які не піддаються згинанню. Лише відносно невелика кількість волокон будівельних матеріалів вико-

ристовується в полімерних покриттях, таких як полотняне, саржеве і комірчасте переплетення. Надмірно пухкі структури можуть спотворювати розміри, особливо в діагональному напрямку, тоді як надмірно відкриті структури призводять до проникнення смоли. Якщо структурна тканина занадто відкрита, смоляне покриття не зможе «перекрити» проміжок між нитками і сформувати безперервний шар, необхідний для таких експлуатаційних характеристик, як водонепроникність. Іноді конструкцію Ripstop використовують для досягнення одночасно легкості та високої міцності на розрив. Це означає, що міцніші нитки вплітаються в переплетення через кожні 5 мм.

Текстильні структури, особливо полотняного переплетення, зазвичай жорсткі з невеликим натягом, і всі необхідні деталі повинні бути введені через пряжу. Рухливість нитки в текстильній структурі і властива їй міцність визначають міцність крапельної тканини. Якщо нитки можуть рухатися і сплітатися разом, можна досягти більшої міцності на розрив, ніж якщо нитки розриваються окремо. Зрозуміло, що проникнення покриття між окремими нитками має тенденцію до зниження міцності на розрив.

Тканини з покриттям поєднують в собі переваги основної тканини та полімерного покриття. Як результат, тканини з покриттям мають багато властивостей, які жоден з компонентів окремо не може забезпечити, тому необхідно ретельно підходити до вибору як основної тканини, так і полімерного покриття. Тканина-основа забезпечує механічну міцність протилежного матеріалу і підтримує шар покриття. Якість основи має важливе значення для нанесення якісного покриття. Розглянуті тканини всі придатні для нанесення покриття в залежності від вимог виробника.

Перелік джерел посилання

1. Нестеров В.П., Козар О.П., Чалих Д. А. Техніко-економічне обґрунтування методу автоматизованого проектування процесів виробництва. Науковий вісник Мукачівського технологічного інституту, - 2009. №1, с.31-35.
2. Матвієнко, О. В., Бабич, А. І., & Кернєш, В. П. Аналіз методів оцінки якості взуття і шкір для верху взуття. Технології та дизайн, - 2016. №3, с.1-6.

ОБГРУНТУВАННЯ МОДЕЛІ ВЗАЄМОДІЇ ЕЛЕМЕНТІВ МАШИН ТА МЕХАНІЗМІВ З ДИСКРЕТНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ

Дорофєєв Ю.О., Горященко С.Л., Дорофєєв О.А.
Хмельницький національний університет

Метою роботи є обґрунтування необхідності створення математичної моделі взаємодії елементів машин та механізмів з дискретними матеріалами, які враховували б внутрішнє тертя, що виникає в середовищі.

Великий клас машин та механізмів об'єднує те, що в технологічному процесі всі вони контактують з дискретними матеріалами як природного походження, так і з штучно створеними. Це пісок, гравій, щебінь, вугілля, зерно, різноманітні гранульовані, порошкові та дисперсні матеріали. Різняться вони розмірами, формою, механічними властивостями частинок, структурою їх укладки в масиві, видами мікроконтактів частинок та ін.

Необхідні для проектування таких машин та механізмів силові, кінематичні та інші параметри можуть бути достовірно визначені тільки шляхом математичного моделювання взаємодії їх елементів з дискретним середовищем.

Зроблено припущення, що для розробки моделі необхідно:

1) описати особливості технічної системи "елемент – дискретне середовище", поведінка якої моделюється;

2) обґрунтувати фізичні співвідношення, що відображають особливості деформування й руйнування дискретного середовища;

3) сформулювати систему рівнянь, що дозволяє розв'язати задачу.

Зроблено висновки щодо особливостей системи "елемент – дискретне середовище" і вимог щодо можливості її нормального функціонування.

Обґрунтовано фізичні співвідношення, що покладені в основу математичної моделі.

Запропоновано закономірність зміни форми описувати степеневою залежністю $\tau_0 = A\sigma_0\gamma_0^\alpha$. Закономірності зміни об'єму ж зручно описувати залежністю, котра включає параметр $K_{зм}$ поверхні деформування – $\varepsilon_0 = \sigma_0/K_{зм}$, де $K_{зм}$ – змінний модуль об'ємної деформації, що залежить від величини стискуючого напруження σ_0 і досягнутого рівня деформації γ_0 .

Показано, що модель процесу взаємодії елементів машин та механізмів і технологічного середовища розглядається як система рівнянь, що формулюють граничну або контактну задачу для комбінованої пружної та фізично-нелінійної області.

Рівняння рівноваги записуються в матричній формі – $[B]^T \{\sigma\} = \{V\}$.

Умова нерозривності деформацій (лінійні диференційні залежності Коші) в матричній формі записується у такому виді:

$$\{\varepsilon\} = [B]\{u\}. \quad (1)$$

Нелінійні фізичні залежності, що описують характерні особливості деформування дискретних матеріалів включають змінні параметри, що визначаються з інваріантних співвідношень, одержаних за результатами лабораторних випробувань зразків конкретного матеріалу. В цьому випадку матриця співвідношення між компонентами тензорів напружень і деформацій набуває вигляду матричного рівняння

$$\{\sigma\} = [D_{зм}]\{\varepsilon\}, \quad (2)$$

де в матрицю змінних деформаційних параметрів $[D_{зм}]$ входять змінні параметри $K_{зм} = \sigma_0/\varepsilon_0$, $G_{зм} = \tau_0/\gamma_0$. Вони залежать від досягнутого в кожній точці розрахункової об-

ласті напруженого (σ_0, τ_0) і деформаційного $(\varepsilon_0, \gamma_0)$ рівнів, тому не можуть бути визначеними заздалегідь.

Встановлено, що моделювання на основі представлених фізичних співвідношень може бути реалізовано тільки шляхом поетапного розв'язування граничної або контактної задачі на основі спеціально розроблених нами процедур, коли за результатами розв'язування задачі на попередньому етапі в кожній точці розрахункової області визначаються значення параметрів K_{zm}, G_{zm} для наступного етапу.

Крім описаних рівнянь, при формулюванні конкретної задачі необхідно задати умови на контактних поверхнях областей або граничні умови.

Висновок. Створена модель дозволяє моделювати взаємодію дискретного середовища з різними елементами машини або механізму (робочі органи, опори, рушії, деталі транспортерів, стінки бункерів тощо). При цьому базові фізичні співвідношення дозволяють враховувати характерні особливості деформування та руйнування дискретних матеріалів.

Ключові слова: математична модель; дискретне середовище; внутрішнє тертя.

Перелік посилань

1. Drucker D. C. Solid Mechanics and Plastic Analysis of Limit Design / D. C. Drucker, W. Prager // Quarterly of Applied Mathematics. – 1952. – Vol. 10. – № 2. – P. 157–165.
2. Roscoe K. H. The Influence of Strains in Soil Mechanics / K. H. Roscoe // Geotechnique. – 1970. – Vol. 20. – № 2. – P. 129–170.
3. Ковтун В. В. Основи механіки дискретних матеріалів : монографія / В. В. Ковтун, О. А. Дорофєєв. – Хмельницький : ХНУ, 2018. – 131 с.

ВАКУУМНА СИСТЕМА ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ПЛОСКИХ ДЕТАЛЕЙ ВЗУТТЯ В ПРОЦЕСІ ОБРОБКИ

Бартков М.С., Кармаліта А.К

Хмельницький національний університет

Контроль положення плоских деталей взуття по асиметрії нерівностей і ворсистості поверхонь за допомогою вакуумної системи полягає в тому, що до деталі 1 (рис.1), яка знаходиться на позиції контролю, перпендикулярно до її поверхонь підводять дві однакові присоски 2, які працюють за принципом дросельних пневматичних перетворювачів, підключених до одного джерела вакууму. Відсмоктування повітря з порожнин присосок здійснюється через малі калібровані отвори дроселів з площею перерізу S_0 . Розрідження в порожнинах присосок P_1 і P_2 залежать відповідно від співвідношення розмірів умовних зазорів між контактними поверхнями присосок та деталі S_1 , та дроселя S_0 ; S_2 і дроселя S_0 [1].

Після контакту поверхонь присосок з протилежними поверхнями деталі між цими поверхнями і присосками виникають зусилля присмоктування, відповідні розрідження в порожнинах присосок.

Умовою контролю є виникнення різниці зусиль присмоктування до протилежних поверхонь деталі. У цьому випадку після відведення присосок деталь залишиться на тій з них, у порожнині якої розрідження було більшим, і далі транспортуватиметься нею на робочу позицію технологічного обладнання 3 або на позицію періорієнтування 4.

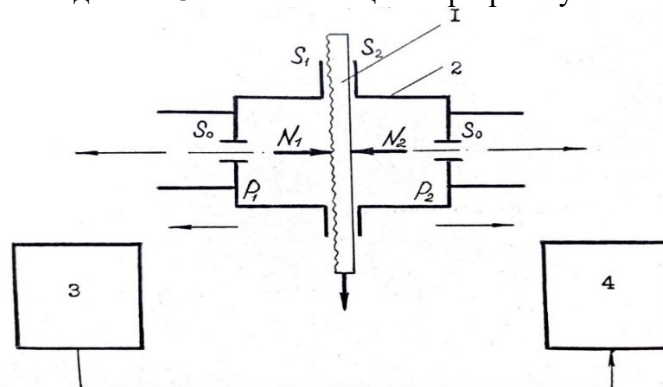


Рис. 1 - Положення присосок і деталі в момент контролю

Необхідною вимогою до матеріалів присосок є їх твердість, яка повинна бути значно більшою за твердість матеріалу деталі. В іншому випадку в процесі контролю робоча поверхня присоски деформуватиметься і заповнюватиме западини нерівностей поверхонь контрольованої деталі, тим самим зменшуючи різницю зусиль присмоктування ΔN , що погіршує умови контролю. Після контакту поверхонь присосок з протилежними поверхнями деталі між цими поверхнями і присосками виникають зусилля присмоктування, відповідні розрідження в порожнинах присосок.

Загалом, за схемою рис.1, умову контролю в перший момент часу відведення присосок можна записати у вигляді:

$$/(N_1 - N_2)f/ \geq kG, \quad (1)$$

де N_1 і N_2 - зусилля присмоктування присосок до поверхонь деталі; f - коефіцієнт тертя між робочою поверхнею присоски та поверхнею деталі; G - вага деталі; k - коефіцієнт запасу надійного утримання деталі.

Перелік джерел посилання

1. Буренніков, Ю. А. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи : навчальний посібник / Ю. А. Буренніков, І. А. Немировський, Л. Г. Козлов. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 273 с.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОГО ПРЕСОВОГО ОБЛАДНАННЯ

В.В. Сергєєв, А.К. Кармаліта

Хмельницький національний університет

В основі системи моніторингу лежить завдання дослідження всіх робочих характеристик вербальних пресів, визначення їх взаємозв'язку, а також контролю за виконанням технологічної операції вирубаня з відповідним корегуванням отриманих сигналів.

Для цього вирубувальний прес ПВГ-8-2-0 оснащено наступним обладнанням: вимірювальний блок гальванічної розв'язки НЛ-7В30, аналогове-цифровий перетворювач NI USB-6009 (багатофункціональний пристрій DAQ, обладнаний цифровим і аналоговим введенням.), датчик тиску, датчики положення (для визнання кінцевого і початкового положення штока циліндра механізму повороту ударника). Для керування пресом використовуються цифрові лінії плати АЦП. Цифровий сигнал, напругою 5 В повинен перетворитися в 12...24 В, для спрацювання електромагнітів гідравлічних золотників. Тому, використано систему електромагнітних реле, які вмикаються по TTL сигналу 5 В і комутують необхідну напругу 24 В. До АЦП NI USB-6009 одночасно під'єднувались всі датчики отримання робочих характеристик вирубаних пресів. При цьому АЦП NI USB-6009 дозволяє отримувати дані та обробляти їх відразу з 4 каналів.

Спеціально створена програма в середовищі Lab VIEW постійно отримує сигнали з датчиків в реальному часі, здійснює контроль над процесом вирубування та виводить всю необхідну інформацію про стан преса на екран комп'ютера. Одночасно відбувається аналіз отриманих даних і прийняття відповідного рішення, яке лежить в основі алгоритму керування електрогідравлічним пресовим обладнанням (рис. 1).



Рис.1 - Блок-схема алгоритму програми керування електрогідравлічним пресовим обладнанням

Згідно розробленого алгоритму програма приймає наступні рішення:

- перевірка готовності роботи преса, вмикання електродвигуна;
- контроль над виконанням операції вирубування;
- перевірка отриманих даних з виведенням числових значень і графічної інформації

на екрані ПК;

- запис отриманої інформації у файлі.

Таким чином, розроблено систему моніторингу електрогідравлічних вирубувальних пресів, характерними особливостями якої є:

- виведення сигналів всіх датчиків на екран ПК, як у вигляді графіків, так і більш звичному вигляді (класичні прилади зі стрілками);
- отримання всіх вимірювальних характеристик в реальному часі;
- можливість керування роботою преса з допомогою екранних кнопок;
- можливість попереднього встановлення часу спрацювання датчиків положення.

Отже, розроблена система моніторингу електрогідравлічного пресового обладнання здійснює контроль над його роботою в реальному часі, обробляє всю необхідну інформацію та дозволяє отримати числові дані одразу після проведення експерименту. Дана система дозволяє зменшити час на діагностику та налаштування вирубувальних пресів за рахунок отримання точної інформації про їх стан з урахуванням дійсних значень вимірювальних характеристик обладнання що досліджується.

Перелік джерел посилання

1. Кармаліта А.К., Якимчук Д.М. Сучасні напрямки розвитку електрогідравлічних вирубувальних пресів/ А.К. Кармаліта, Д.М. Якимчук. – Херсон: Грінь Д.С., 2013.
2. Якимчук Д.М. Перспективи вдосконалення електрогідравлічних пресів в легкій промисловості / Д.М. Якимчук, А.К. Кармаліта, Д.В. Прибега // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 2. – С. 105–107.

ОСОБЛИВОСТІ ОБЛУГОВУВАННЯ МЕХАНІЗМІВ ВЕЛОСИПЕДІВ

Шутка Р.С.

ВСП «Львівський фаховий коледж індустрії моди КНУТД»

В умовах сучасного світу, коли забруднення навколишнього середовища та проблеми зі здоров'ям стають все більш актуальними, люди шукають альтернативні шляхи розв'язання цих питань. Одним із найбільш ефективним способом є повернення до простих, але водночас надзвичайно корисних засобів пересування, таких як велосипед. Цей вид транспорту не тільки сприяє зміцненню здоров'я та підтриманню фізичної форми, але і є важливою частиною екологічно чистого майбутнього.

В містах України активно розвивається велосипедна інфраструктура, а створення велосипедних доріжок, паркувальних майданчиків та сервісних станцій робить використання двоколісного транспорту зручнішим та безпечнішим. Такі ініціативи сприяють зростанню популярності цього виду транспорту.

Вибираючи для себе велосипед, необхідно враховувати ряд факторів: тип катання (міське, гірське, шосейне тощо), свої фізичні дані, а також особисті вподобання. На ринку вело індустрії представлено широкий вибір моделей, які різняться за конструкцією, матеріалами виготовлення та комплектацією. При виборі велосипеда важливо також звернути увагу на якість комплектуючих та надійність бренду виробника.

Також невід'ємною частиною експлуатації велосипеда є розуміння функціонування його складових частин, вміння вийти із проблемної ситуації, спричиненої поломкою велосипеда в дорозі. На вирішення цих питань розрахована дана навчально-методична розробка, яка дозволяє користувачам велосипедів бути «підкованими» в питаннях будови та ремонту велосипеда, а студентам полегшить шлях у вивченні дисципліни «Обслуговування та ремонт колісних машин» галузі знань 13 «Механічна інженерія», спеціальності 133 «Галузеве машинобудування».

Різноманіття конструкцій і моделей велосипедів може викликати деяку невизначеність в їх ремонті але велика частина велосипедних деталей досить зручні в експлуатації і обслуговуванні, і функціонально подібні між собою. Зняти або поміняти їх не створює особливих труднощів, та й виявити в них поломку теж достатньо просто.

Розглянемо основні моменти, які потрібно враховувати при ремонті велосипеда:

- велика частина різьбових з'єднань у велосипедах відкручується проти годинникової стрілки, а затискається за годинниковою. Але є виключення — це різьблення лівої педалі. Ліву педаль відкручують за годинниковою стрілкою, а затягують проти годинникової;
- у велосипеді є досить тендітні деталі. Не потрібно докладати максимальних зусиль в роботі з запчастинами, ремонтом яких ви ще ніколи до цього не займалися;
- буває, що ви не можете власноруч зняти якусь деталь або послабити з'єднання. В цьому випадку, краще попросити допомоги у фахівця, це набагато краще, ніж поламати велосипед;
- якщо необхідно полагодити велосипед, краще не поспішати, а вивчити його конструкцію та обдумати шляхи проведення ремонту. Ремонт, зроблений наспіх, найчастіше, вимагає ще одного ремонту;
- для проведення ремонту необхідно підготувати місце для роботи. Краще, якщо це буде спеціально об лаштоване приміщення, в якому ви будете підтримувати чистоту, і використовувати спеціальні інструменти, а для підсвічування-якісні прилади.

Види поломок велосипеда.

До найпоширеніших проблем, які виникають у велосипедах варто віднести такі:

- пробиття камер або порізи покришок;
- деформація чи люфт коліс після ударів чи падіння;
- зношення гальмівних колодок;

- розтягнення або розрив ланцюга.

Щоб запобігти раптовим поломкам, досить регулярно проводити хоча б поверхневий огляд. Він включає в себе: перевірку кріплення коліс та керма; виявлення люфта втулок та педалей; контроль роботи гальмівної системи; контроль рівня тиску в камерах коліс. Також необхідно регулярно чистити трансмісію, гальма та всі елементи що рухаються від бруду.

Починати рух на несправному транспорті – небезпечне рішення, яке може зашкодити здоров'ю.

Перевірочні роботи, ремонт та заміну комплектування краще проводити на спеціальній стійці для ремонту.

Процес ремонту проколу камери.

Перш за все необхідно оволодіти навичками проклейки пошкодженої камери. Далі ретельно огляньте зовнішню частину покришки. Щоб полегшити справу запам'ятовування вже оглянутих ділянок - прийміть за початкову точку ніпель камери і йдіть від нього за - чи проти годинникової стрілки. Перевірте боковини покришки на відсутність подряпин, порізів чи дірок. Витягніть уламки скла, металеві дроти тощо, приборіть з протектору дрібні камінці і, взагалі, будь-який бруд, що заважає огляду. Навіть якщо ви знайшли річ, яка могла стати причиною проколу, продовжуйте огляд - іноді можна знайти кілька підозрілих предметів, які стирчатимуть з покришки.

Коли всі порізи виявлені необхідно зняти покришку та камеру із колеса. Починайте знімати покришку з колеса від протилежної до ніпеля сторони. Підважте корд монтажною лопаткою, потім вставляйте другу на відстані приблизно в п'ять сантиметрів від неї. Потягніть вставлену в колесо монтажку зверху вниз - ви піднімете боковину покришки над краєм обода. Повторюйте процедуру до тих пір, поки не звільните одну із сторін покришки, після чого витягніть камеру. Повністю зніміть покришку з колеса - в більшості випадків це можна зробити просто руками без додаткових технічних засобів.

Накачайте камеру і уважно прислухайтеся. Спробуйте почути свист повітря, що виходить під тиском з маленького отвору. Підберіть латку відповідного розміру (якщо присутні в асортименті), якщо вагаєтесь - надавайте перевагу латкам більшого розміру. Наждачкою, або теркою зніміть верхній шар гуми навколо місця проколу - поверхня повинна стати шорсткою. Це покращить адгезію між камерою та латкою. Латки - самоклейки можна ставити одразу після процедури зачистки. Прикладіть латку до камери, впевніться, що вона щільно прилягає до неї всією площею поверхні. Зніміть фольгу з робочої частини латки, потім міцно притисніть її до місця проколу. Фольга зберігає чистоту та знежиреність поверхні латки - тож знімайте її безпосередньо перед проклейкою. Перед тим, як ставити назад в колесо відремонтовану камеру - старанно двічі - тричі перевірте внутрішню частину покришки. Ви можете сильно засмутитись, якщо щойно заклеєна камера буде знову продірявлена шипом чи склом, яке ви прогледіли. Також необхідно було б перевірити ободну стрічку "фліпер". Дешеві пластикові фліпери з часом кошляються, і на них з'являються досить гострі краї, які здатні легко розрізати камеру. Також фліпери іноді сповзають зі свого місця, залишаючи відкритими отвори для ніпельів в ободі - вони також здатні створити порізи на камерах. Якщо ваша пластикова ободна стрічка систематично ріже камеру - замініть її на тканинну. Злегка накачайте камеру і вставте її в покришку, починаючи з ніпеля. Почніть вправляти покришку зі сторони, протилежної ніпелю, піднімаючи корд над краєм обода пальцями рук до тих пір поки покришка займе своє місце на колесі. Накачайте колесо і продовжуйте подорожувати.

В методичній розробці проаналізовані всі типові поломки, які виникають у велосипедах, а також шляхи їх усунення і недопущення.

Висновок: використання запропонованої навчально-методичної розробки буде сприяти підвищенню рівня знань студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування».

Перелік джерел посилання

1. <https://www.sportek.in.ua/page/Instrukcii-dlja-velosipedov?srsltid=AfmBOooi6J5LmLMICuqFIQhKrkCphRZESCPYFY6AdHC3XXguSRJMfn0&lang=ua> – посилання на сайт із підручниками для ремонту велосипедів.

**ГІДРОДИНАМІЧНЕ РОЗЩЕПЛЕННЯ ШКІРЯНИХ ВІДХОДІВ:
ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ТА МЕХАНІЗМИ**

Федух М.М., Синюк О.М.

Хмельницький національний університет

Сучасні механічні методи переробки шкіряних відходів мають суттєві обмеження, особливо коли мова йде про подрібнення частинок площею менше ніж 1-2 см². Це зумовлено недостатньою ефективністю традиційних способів руйнування, оскільки вони не забезпечують необхідного рівня дисперсності та однорідності кінцевого матеріалу. У зв'язку з цим запропоновано підхід – модель гідродинамічного розволокнення шкіряних матеріалів, яка враховує вплив кавітаційного струменя на частинки шкіри, що перебувають у завислому стані в рідинному середовищі.

Основні механізми гідродинамічного розволокнення.

Запропонована модель базується на гіпотезі про те, що при впливі кавітаційного струменя на частинки шкіри діє значний ударний тиск. Цей тиск не лише перевищує когезійну міцність матеріалу, але й долає його кінетичну енергію. В рамках цієї гіпотези прийняті два ключові припущення:

1. Руйнування структури шкіри відбувається через механічний ударний вплив гідродинамічних хвиль, які утворюються під час схлопування кавітаційних бульбашок. Це спричиняє роз'єднання волокон шкіри.

2. Процес дезагрегації супроводжується проникненням кумулятивних струменів рідкої фази у міжволоконний простір, що сприяє подальшому роз'єднанню волокон.

З фізичної точки зору, кумулятивний струмінь взаємодіє з частинками шкіряного матеріалу подібно до рідинного клину, що проникає у в'язкопружне середовище. При цьому в процесі схлопування кавітаційних бульбашок кумулятивний струмінь значно змінює свою геометрію: його радіус зменшується, а довжина зростає [1]. Відповідно, для оцінки глибини проникнення кавітаційного струменя у в'язкопружне середовище отримано рівняння, яке враховує швидкість струменя та фізико-механічні характеристики шкіри.

Критерії руйнування матеріалу.

Руйнування шкіряної частинки відбувається у випадку, коли глибина проникнення кавітаційного струменя дорівнює або перевищує середній поперечний розмір частинки вздовж напрямку дії струменя. Важливим є те, що міжволоконний простір має значно меншу міцність порівняно з основними колагеновими волокнами, тому саме ця зона піддається руйнуванню в першу чергу.

Відповідно до [2] можна зробити висновок, що глибина проникнення струменя у шкіряний матеріал визначається передусім двома факторами:

Швидкістю кумулятивного струменя суспензії.

Пластичними властивостями частинок шкіряного матеріалу.

Оптимізація параметрів процесу.

Експериментальні дослідження, результати яких подані у [3], дозволяють встановити оптимальні параметри для ефективного розволокнення шкіряних відходів. Виявлено, що максимальна товщина частинок, яка може бути ефективно розволокнена, не повинна перевищувати 3 мм при швидкості кавітаційного струменя 1200-1400 м/с.

Цей інтервал швидкості забезпечує ефективне руйнування частинок шкіри товщиною до 3,5 мм. Усі досліджені типи шкіряних відходів потрапляють у цей діапазон, що свідчить про універсальність методу.

Для тонких відходів, таких як матеріали для галантерейних виробів, рекомендовано використовувати кумулятивні швидкості у межах 200-400 м/с. У цьому випадку максимальна товщина матеріалу, що може бути розволокнена, має становити 1,5 мм.

Зниження швидкості кумулятивного струменя у двічі дозволяє суттєво знизити робочий тиск у каналі кавітаційного розволокнювача, що безпосередньо впливає на зменшення енерговитрат процесу.

Гідродинамічний підхід до розволокнення шкіряних відходів.

Процес гідродинамічного розволокнення розглядається з позиції гідродинаміки двокомпонентної в'язкої суспензії. Для опису цього процесу були прийняті такі припущення:

Суспензія – двокомпонентне, в'язко-пористе середовище, у якому пори заповнені рідиною.

Через малий розмір пор у суспензії відсутнє конвективне перенесення.

Процес розщеплення волокон відбувається при постійному контактному тиску.

Поле швидкостей кавітаційних струменів є рівномірним у межах всієї товщини шкіряного матеріалу, що піддається розволокненню.

Моделюючи цей процес через розклинення та проникнення кумулятивних струменів у міжволоконний простір, його можна описати рівнянням фільтрації, де швидкості рідкої фази виражаються через гідродинамічний контактний тиск.

Експериментальні випробування та перспективи використання.

З метою перевірки основних припущень передбачається експериментальні технологічні випробування гідродинамічного розволокнення шкіри при використанні динамічного модулювання гідравлічного потоку. Вплив зовнішніх збурень у напрямку руху суспензії сприятиме значному покращенню процесу розщеплення шкіряних відходів.

Отже, запропонована модель гідродинамічного розволокнення шкіри відкриває нові можливості для ефективної переробки шкіряних відходів, що дозволяє підвищити якість кінцевого продукту (зберегти потрібну довжину волокон) та значно зменшити енергетичні витрати.

Перелік джерел посилання

1. Скиба М.Є. Концепція гідродинамічного розволокнення відходів шкіряних матеріалів у виробництві взуттєвих картонів // Вісник Технологічного університету Поділля. – 2003. – №5. – С. 178-186.
2. Synyuk, O. A new modern theoretical view of the structural model of the structure of natural leather / Synyuk, O., Skyba, M., Zlotenko, B., Kulik, T., Natroshvili, S. // *Vlakna a Textil*, 2021, 28(2), pp. 82-90. (URL: http://vat.ft.tul.cz/2021/2/VaT_2021_2_10.pdf).
3. Скиба М.Є. Моделювання структури шкіри при визначенні її ефективних властивостей в процесі розволокнення // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – 2004. – №21. – С. 236-250.

РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ПОДАЧІ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЛИТТЯ НИЗУ ВЗУТТЯ НА ОСНОВІ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Гедзь О. Ю., Синюк О.М.

Хмельницький національний університет

Процес лиття підошви взуття є важливим етапом в технологічному циклі виробництва, адже він визначає не лише фізичні характеристики готової продукції, але й її естетичні якості, такі як колір, форма та текстура. Сучасні методи лиття базуються на використанні полімерних композицій, що змішуються з різними добавками, зокрема наповнювачами, волокнами та іншими матеріалами, які покращують механічні властивості підошви. Однак процес подачі цих матеріалів є складним і чутливим до коливань в умовах експлуатації, що часто веде до зниження якості продукції та збільшення виробничих витрат. Одним з головних факторів, який дозволяє досягти стабільності і високої якості продукції, є автоматизація процесу подачі матеріалів.

Автоматизація в технології лиття низу взуття дозволяє значно підвищити ефективність виробництва за рахунок зниження кількості людських помилок та поліпшення точності дозування матеріалів. У той же час, автоматизація не лише підвищує ефективність, але й дає змогу забезпечити стабільність якості кінцевого продукту. Введення автоматизованих систем дозволяє здійснювати точне управління параметрами технологічного процесу, такими як температура, в'язкість, швидкість подачі матеріалів, що має безпосередній вплив на властивості підошви. Важливою частиною цієї системи є використання технологій дозування та змішування матеріалів, що є необхідним для забезпечення однорідності складу полімерної суміші.

Сучасні дослідження в галузі автоматизації технологічних процесів, зокрема в сфері лиття, показують, що використання сенсорних систем і програмованих логічних контролерів (ПЛК) дозволяє забезпечити контроль на кожному етапі подачі матеріалів. Програмовані логічні контролери здійснюють автоматичне коригування параметрів подачі на основі даних від сенсорних пристроїв, що контролюють параметри, як температура, тиск, швидкість подачі та рівномірність розподілу матеріалів. Це дозволяє зменшити людський фактор та покращити стабільність виробничих параметрів, що критично важливо для виробництва високоякісної продукції.

Особливо важливим є забезпечення точності дозування матеріалів. Процес дозування у виробництві підошви має великий вплив на кінцеві властивості продукту. Для забезпечення високої точності дозування використовуються різноманітні типи дозаторів — механічні, пневматичні та електричні, кожен з яких має свої особливості і використовується в залежності від властивостей матеріалів. Дослідження показують, що найефективнішими є системи дозування, що поєднують механічний та пневматичний принципи, оскільки вони забезпечують точність і швидкість подачі матеріалів на рівні, що відповідає вимогам сучасних технологій.

Математичне моделювання є невід'ємною частиною в розробці автоматизованих систем. Вчені, зокрема автори з Хмельницького національного університету, використовують математичні моделі для прогнозування поведінки матеріалів при різних умовах подачі. Ці моделі дозволяють передбачити результат при зміні параметрів процесу, таких як швидкість подачі, температура або в'язкість матеріалу. Вони можуть бути використані для створення адаптивних систем, які зможуть оптимізувати процес подачі в реальному часі.

Іншою важливою складовою є взаємодія системи автоматизації з іншими компонентами технологічного процесу. Для інтеграції з іншими етапами виробництва необхідно розробити стандарти і протоколи взаємодії різних систем, таких як системи моніторингу якості, управління температурою, прес-форми тощо. Важливим аспектом є збереження гармонії між швидкістю процесу та точністю подачі матеріалів. Системи, що працюють

безперервно, можуть забезпечити не тільки автоматичний контроль за кожним етапом, але й забезпечити оптимальні умови для одночасного виконання кількох операцій на різних етапах виробництва.

Крім того, одним із значних переваг автоматизації є можливість зменшити витрати на енергоресурси, знизивши втрати тепла та оптимізуючи споживання енергії в процесі. Задля цього застосовуються програми, які дозволяють мінімізувати втрати енергії при підтримці необхідних параметрів температури та тиску. Автоматизація виробництва таким чином є не тільки економічно вигідною, але й сприяє збереженню навколишнього середовища.

Наукові розробки в цій сфері, зокрема роботи професорів і доцентів Хмельницького національного університету, підтверджують, що автоматизація процесу лиття підошви є важливим кроком для підвищення ефективності та якості виробництва. Автоматизовані системи дозування матеріалів дозволяють значно зменшити витрати на виробництво, покращити стабільність процесу і досягти високих стандартів якості продукції. Розроблені методи автоматизації також відкривають нові можливості для інноваційного розвитку виробничих потужностей і подальшого вдосконалення технологій лиття підошви взуття.

Висновок: таким чином, розробка ефективної системи автоматизації подачі матеріалів є важливим напрямом для сучасної взуттєвої промисловості. Впровадження таких систем дасть змогу забезпечити високоякісну продукцію, знизити витрати на матеріали та енергоресурси, а також підвищити конкурентоспроможність підприємств, що сприятиме сталому розвитку галузі в умовах глобалізації та постійних технологічних змін. Ці технології мають великий потенціал для подальшого удосконалення та адаптації до нових матеріалів, що використовуються в литті, зокрема до нових полімерних композицій, що будуть широко використовуватися в майбутньому.

Перелік джерел посилання

1. Синюк О. М. Числове моделювання процесу заповнення порожнини прес-форми складної конфігурації / О. М. Синюк, М. Є. Скиба, Б. М. Злотенко // Вісник Технологічного університету Поділля. Технічні науки, 2004. – № 5. – С. 49–52.
2. Synyuk O. Improvement of Footwear Moulding Machines for the Production of the Advanced Reliability Items / O. Synyuk, M. Skyba // The eleventh world congress in Mechanism and Machine Science (1–4 April 2004). – Tianjin (China) : Editor Tian Huang School of Mechanical Engineering Tianjin University, 2004. – V.5. – P. 2212–2216.
3. Skyba M. Improvement of press-forms for polymeric items moulding / M. Skyba, O. Synyuk // Archives of foundry. Polish Academy of Sciences branch Katowice foundry commission, Katowice (Poland), 2004. – V. 4. – № 12. – P. 235–248.
4. Скиба М. Є. Структурно-механічна модель полімерних виробів, отриманих литтям під тиском / М. Є. Скиба, О. М. Синюк // Вісник Хмельницького національного університету, 2014. – № 6 (219). – С. 27–33.

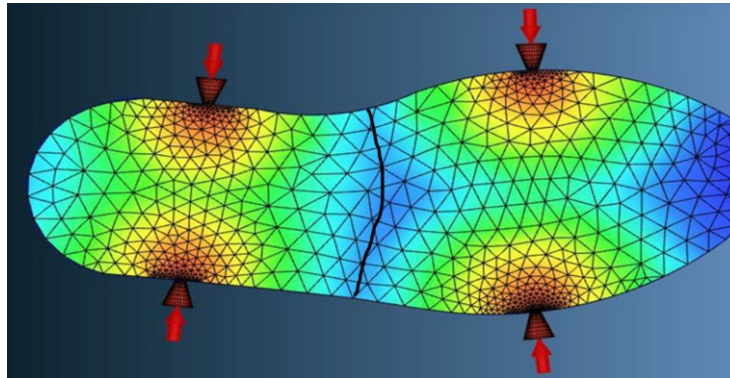
**КОМПЛЕКСНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ
ЗА ДОПОМОГОЮ MOLDEX3D ТА SOLIDWORKS**

Кунцов О., Синюк О. М.

Хмельницький національний університет

Комплексне моделювання та аналіз лиття під тиском виконано з використанням двох спеціалізованих програмних платформ: Moldex3D та SolidWorks. Moldex3D застосовувалася для симуляції процесу заповнення прес-форми полімерним розплавом, що дозволило детально дослідити розподіл матеріалу та можливі дефекти в готових виробах [1]. Програмний комплекс SolidWorks використовувався для побудови геометричної моделі прес-форми, аналізу її конструкції і технологічних параметрів, проектування системи охолодження та моделювання впливу наповнювачів і армуючих матеріалів на кінцеві характеристики виробу [2].

На першому етапі дослідження було визначено ключові технологічні параметри процесу лиття під тиском. Максимальний тиск впорскування становив 155 МПа, температура плавлення матеріалу – 503 К, температура прес-форми – 348 К, а час охолодження – 5 секунд. Використання Moldex3D дозволило виконати симуляцію заповнення прес-форми із заданими вище параметрами, що допомогло оцінити рівномірність розподілу матеріалу, виявити можливі дефекти, такі як повітряні порожнини, деформації чи недоливи. Отримані результати дозволили оптимізувати процес лиття під тиском та конструкцію прес-форми [3], що дало можливість забезпечити зменшення дефектів (ліній спаю) у місцях, які піддаються значним навантаженням у процесі експлуатації виробу (підшви для спортивного взуття). Візуалізація процесу впорскування продемонструвала рівномірний розподіл матеріалу всередині прес-форми і зміщення з пучкової частини підшви лінії спаю (рис. 1).

**Рис.1 - Моделювання заповнення прес-форми за допомогою Moldex3D**

Наступним етапом стало моделювання та редагування прес-форми у програмі SolidWorks. Вихідна модель була перетворена на твердотільну структуру, що дозволило працювати з нею у середовищі CAD. Проведено корекцію геометричних параметрів прес-форми для покращення якості кінцевого виробу та зміщення ймовірних дефектів (ліній спаїв) з відповідальних зон підшви, які найбільш навантажені у процесі експлуатації взуття. Додатково був проведений числовий аналіз за допомогою методу скінчених елементів, який дозволив детальніше дослідити вплив конструкційних параметрів прес-форми і технологічних режимів процесу лиття під тиском на процес заповнення розплавом полімеру порожнини прес-форми для виготовлення підшви спортивного взуття.

Значну увагу було приділено розробці та оптимізації системи охолодження. Визначені місця розташування каналів системи охолодження прес-форми, їх геометричні розміри, що забезпечують рівномірний розподіл температури всередині прес-форми та сприя-

ють швидкому затвердінню матеріалу з мінімальними (у межах допуску) усадкою та коробленням [4]. Аналіз теплопровідності дозволив визначити оптимальні розміри, форму та розташування охолоджувальних каналів, що мінімізувало температурні напруження та суттєво знизило термічні деформації у готовому виробі.

Окреме дослідження проведено щодо впливу волокнистих наповнювачів (армуючих елементів) на механічні властивості підошви. У середовищі SolidWorks виконано аналіз орієнтації волокон (армуючих елементів) у потоці розплаву, оптимізовано їхнє розташування у структурі матеріалу та оцінено вплив на фізико-механічні характеристики виробу. Виявлено, що рівномірний розподіл волокон є критичним фактором для забезпечення механічної міцності кінцевого виробу [4]. Адаптація моделі прес-форми для моделювання її заповнення розплавом полімеру із волокнами (армуючими елементами) дозволила провести детальний аналіз можливого накопичення волокон у певних зонах та оцінити рівень напружень у цих ділянках. Симуляція поведінки волокон у потоці розплаву дала змогу виявити потенційні проблеми, пов'язані з їх нерівномірним розподілом, що впливає на експлуатаційні властивості підошви (рис. 2).

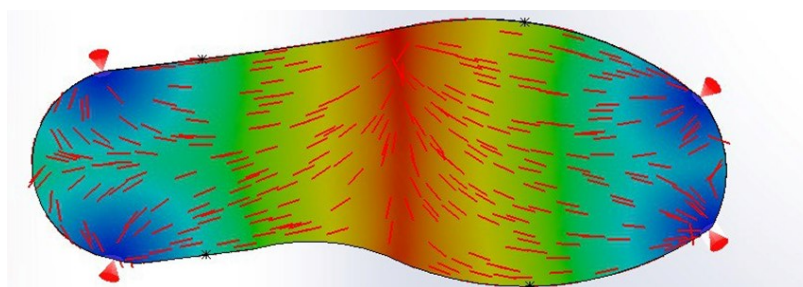


Рис. 2 - Заповнення прес-форми з волокнистими наповнювачами

Висновки. Результати дослідження підтвердили ефективність комплексного підходу до моделювання процесу лиття під тиском. Використання Moldex3D дозволило оптимізувати заповнення прес-форми, конструкція якої сприятиме отриманню підошви із виведеними лініями спаю із зон дії найбільшого навантаження, а саме пучкової зони, яка піддається багатократному згину у процесі носіння взуття. Розроблена система охолодження мінімізувала температурні напруження та скоротила час охолодження виробу. Аналіз структури матеріалу після лиття дозволяє говорити про покращення його фізико-механічних характеристик, а дослідження розподілу волокнистих наповнювачів допомогло оцінити їх вплив на міцність і довговічність підошви.

Наступним кроком у дослідженні стане експериментальне підтвердження результатів комп'ютерного моделювання процесу лиття під тиском підошви для спортивного взуття. Експериментальне випробування процесу заповнення порожнини прес-форми полімерним розплавом із армуючими елементами дозволить внести необхідні коригування параметрів технологічного процесу та конструкції прес-форми з метою забезпечення рівномірного розподілу армуючих елементів для отримання підошов із високими експлуатаційними властивостями.

Перелік джерел посилання

1. Vincent David Gingery. Secrets of Building a Plastic Injection Molding Machine / David J Gingery; First Edition, 1997. –127 p.
2. David O. Kazmer. Injection Mold Design Engineering 2E 2nd Edition / Hanser Publications; 2nd edition, 2016. –529 p
3. Синюк О. Моделювання процесу заповнення в'язкою рідиною порожнини прес-форми для лиття деталей взуття / О. Синюк, О. Поліщук, О. Кунцов // Вісник Хмельницького національного університету, No 3, Т 1, 2024 (335). – С. 472-479 <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-335-3-65>.
4. Синюк О., Поліщук А., Кунцов О. (2024). Метод визначення ефективних конструкційних параметрів прес-форми та технологічних режимів її заповнення за допомогою MOLDEX 3D // Вісник Хмельницького національного університету, No 6, Т 1, 2024. – С. 399-405 <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-343-6-59>.

2P135Ф2-1, на якій проводиться свердлування 2-х отворів $\varnothing 2$ мм під нарізь M2,5, виготовлення нарізі M2,5 у цих 2-х отворах, свердлування 2-х отворів $\varnothing 3,2$ мм і свердлування 8-ми отворів $\varnothing 4,5$ мм, була розроблена розрахунково-технологічна карта налагодження верстата, на основі якої складена програма керування верстатом для системи ЧПК типу 2S42-65.

Так як деталь виготовляється із алюмінієвого ливарного сплаву АК-12, то у застосуванні свердел із пластинками твердих сплавів необхідності не було, тому були застосовані свердла із швидкорізальної сталі Р6М5, а для підвищення зносостійкості інструменту доцільно було використати один із методів нанесення на їх різальну частину зносостійких покриттів. Застосування різального інструменту з покриттям найбільш ефективно на чистових і напівчистових операціях, коли навантаження на його різальну частину відносно невелике, що відповідає умовам роботи свердел в даному технологічному процесі, так як при великих навантаженнях ефект від застосування покриттів різко знижується.

З цією метою була рекомендована методика отримання комбінованого поверхневого іонно-плазмового оброблення різальної частини свердел. Зносостійкий комплекс при цьому складається із зміцненого шару, адгезійного прошарку і зносостійкого покриття, яке може бути багат шаровим, композиційним або багат шаровим-композиційним. Методика нанесення покриттів на свердла із швидкорізальних сталей передбачає зміцнення ріжучої частини шляхом хіміко-термічного оброблення (азотування), що стимулюється електричним розрядом, який виникає в розрідженому газовому середовищі, і нанесення багат шарового композиційного покриття шляхом комбінованого іонно-плазмового оброблення (КПО).

За результатами попередніх досліджень було встановлено, що при обробленні свердел із сталі Р6М5 низько-енергетичною азотною плазмою протягом 20...40 хвилин за температури 400...450°C на їх поверхні формується зміцнений шар глибиною 10...100мкм і твердістю 11·105 МПа з теплостійкістю на 20...50°C вищою теплостійкості сталі Р6М5 у вихідному стані. Для підтвердження ефективності цих режимів зміцнення були проведені випробування свердел із сталі Р6М5 $\varnothing 6$ мм без покриття та із нанесенням зносостійкого комплексу, який отримали методом КПО, при обробленні алюмінієвого сплаву АК-12 з твердістю НВ50 за швидкості різання 35м/хв. і подачі $s=0,1$ мм/об. без охолодження.

Аналіз результатів досліджень показав, що оптимальними значеннями параметрів процесу зміцнення свердел є: розрідження в камері $p_{\text{opt}}=0,975$ Па, напруга між катодом і анодом $U_{\text{opt}}=0,6$ кВ при значенні тривалості процесу азотування $t=20$ хв.

За даними проведених випробувань свердел із сталі Р6М5 стійкість інструменту, зміцненого покриттям за вказаними режимами, при обробленні отворів в алюмінієвих сплавах зростає в середньому в 2...2,5 рази, що свідчить про доцільність використання запропонованого методу нанесення зносостійких покриттів у вдосконаленому технологічному процесі механічного оброблення корпусу ЕУ.8.172.246.

На завершальній стадії розроблення удосконаленого технологічного процесу виготовлення деталі виконане технічне нормування операцій. З метою підвищення продуктивності праці спроектовані верстатний пристрій для шліфування опорної площини деталі, пристрій для свердлування отвору $\varnothing 9$ мм і контрольний пристрій для контролю відхилення від паралельності поверхонь корпусу відносно базової поверхні, які сприятимуть також механізації технологічного процесу. Розроблені та рекомендовані до впровадження заходи з охорони праці та навколишнього середовища.

Висновок: використання верстатів з ЧПК забезпечує підвищення якості оброблюваної деталі, зменшення частки допоміжного часу, що витрачається на прийоми, пов'язані зі зміною режимів різання, зміною інструмента, що, зазвичай, має місце при послідовному обробленні декількох поверхонь на універсальних верстатах.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛА МПТ 1211.010100.19 ВИКОРИСТАННЯМ ВЕРСТАТІВ З ЧПК

Шаховал В.В., Урбанюк Є.А.

Хмельницький національний університет

Враховуючи, що вимоги замовників щодо якості продукції, яка випускається машинобудівними підприємствами України, значно підвищуються, при розробленні нових технологічних процесів виготовлення деталей машин пріоритетним є застосування прогресивних технологій, інструменту і обладнання.

Вал МПТ 1211.010100.19 входить до складу механізму приводу різання спеціального верстата, що використовується для створення фасок під зварювання на торці труби при будівництві та ремонті магістральних нафто- і газопроводів у польових умовах.

Кресленик деталі з технічними вимогами на її виготовлення наведений на рис. 1. Матеріал деталі - сталь 45 ДСТУ 7809. Так як деталь досить проста за конфігурацією, то заготовка для її виготовлення може бути отримана із круглого прокату розрізанням його на заготовки потрібної довжини чи методом гарячого штампування.

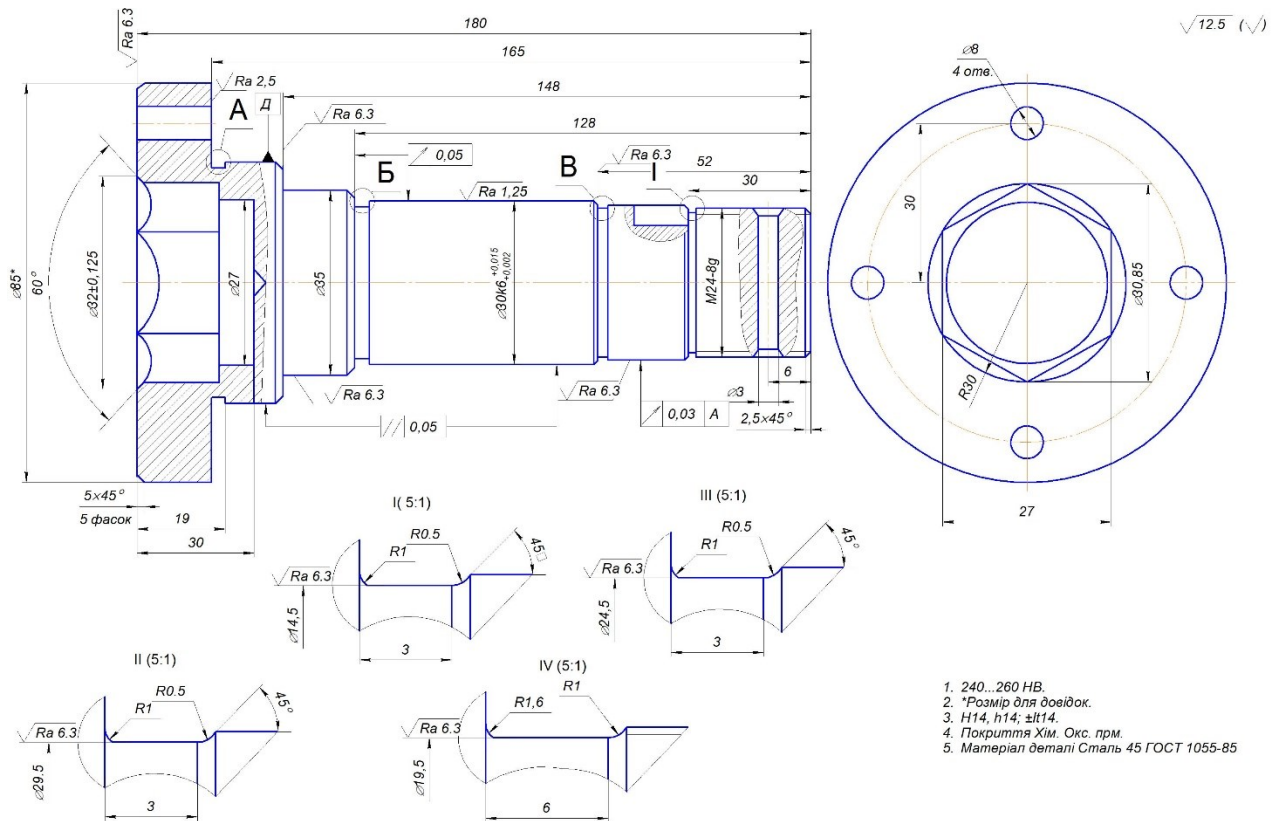


Рис. 1 - Вал МПТ 1211.010100.19

За результатами техніко-економічних розрахунків встановлено, що заготовка, отримана методом гарячого об'ємного штампування більш економічна з точки зору використання матеріалу в порівнянні із заготовкою з прокату, але за собівартістю штампована заготовка значно дорожча. Тому прийнято заготовку з круглого прокату.

Базовий технологічний процес був розроблений для одиничного типу виробництва, але програма випуску продукції підприємства зростає. Тому при переході на серійний випуск продукції, так як деталь має складну конфігурацію, для обточування валу по контуру замість токарно-гвинторізного верстата мод. 16К20 був використаний верстат з ЧПК мод.

16K20Ф3. На операції свердлування чотирьох отворів у фланці валу запропоновано застосувати верстат з ЧПК мод. 2Н135Ф2.

При розробленні удосконаленого варіанту технологічного процесу виготовлення деталі були призначені припуски на оброблення по операціях, вибране верстатне устаткування, інструмент, призначені режими різання, виконане технічне нормування.

Для операції, що виконується на вертикально-свердлувальному верстаті з ЧПК мод. 2Р135Ф2, де проводиться зацентрування та свердлування чотирьох отворів Ø8мм, була розроблена розрахунково-технологічна карта налагодження верстата, на основі якої складена програма керування верстатом для системи ЧПК типу 2П32-3. Як інструмент тут використовуються центрувальні і спіральні свердла із швидкорізальної сталі Р6М5. Для збільшення стійкості інструменту рекомендоване використання мастильно-охолоджувальної рідини (МОР).

При обробленні вуглецевих конструктивних сталей свердлами зі швидкорізальної сталі Р6М5 параметром, що лімітує, є зношування кутиків різальної частини інструменту. Момент затуплення характеризується округленням периферійних ділянок різальних крайок, що відбувається при досягненні деякого граничного зношування на кутиках. На затупленому свердлі спостерігається велике число налиплих часток оброблюваного металу, що свідчить про інтенсифікацію процесів схоплювання і приводить до значного збільшення сил різання та виникненню характерних вібрацій - скрипіння.

Стійкість інструменту при роботі із різними МОР визначається їх складним впливом на інтенсивність зношування та величину зношування, при якій втрачаються різальні властивості. При цьому на величину граничного зношування свердел впливає вибраний режим різання. При швидкості різання 44,6м/хв. величина граничного зношування по кутику свердла зменшується до 0,5...0,6мм і стає мало залежною від виду МОР, у той же час при швидкості різання 27,1м/хв. вона складає 0,9...1,7мм, збільшуючись, у порівнянні зі зношуванням при швидкості різання 31,4м/хв., для всіх типів МОР за винятком оливи МР-2. Встановлено, що свердла, які втратили різальні властивості при одному режимі різання, можуть продовжувати роботу при більш низькому режимі.

Дослідження впливу МОР на стійкість свердел зі швидкорізальної сталі Р6М5 при свердлуванні неглибоких отворів показали, що при технічній можливості свердлування отворів в сталях типу сталі 45 швидкорізальними свердлами для збільшення стійкості інструменту оброблення доцільно вести з використанням олійних МОР. Оливи з хімічно активними присадками ефективні при підвищенні напруженості умов оброблення - стійкості свердел менше 60хв. Таким чином, застосування МОР дозволяє підвищити швидкість різання у 2 рази в порівнянні з різанням без МОР при постійній стійкості інструменту, а отримані результати досліджень можна рекомендувати для використання у вдосконаленому технологічному процесі виготовлення валу МПТ 12111.010100.19 на операціях свердлування.

З метою підвищення ефективності нового технологічного процесу спроектовані верстатний пристрій для закріплення заготовки при послідовному обробленні 4-х отворів на вертикально-свердлувальному верстаті з ЧПК мод. 2 Р135Ф2, пристрій для свердлування отвору Ø3мм, вісь якого перпендикулярна осі деталі, і вимірювальний пристрій для контролю радіального биття основних шийок валу відносно його осі.

Висновок. Використання верстатів з ЧПК в технологічних процесах механічного оброблення деталей машин забезпечує підвищення їх точності і якості, а також зростання продуктивності процесу їх виготовлення, так як дозволяє в 1,5...2 рази скоротити машинний час оброблення за рахунок застосування інтенсивних режимів різання завдяки правильно підбраному інструменту і використанню оптимальних мастильно-охолоджувальних рідин, а також значного скорочення допоміжного часу. При цьому нижчою є кваліфікація робітників і зменшується ймовірність отримання браку.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ КРИШКИ КРР.043.22.24 ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ВЕРСТАТІВ З ЧПК

Харченко О.О., Ткачук В.П., Романішина О.В.
Хмельницький національний університет

Деталь Кришка КРР.043.22.24 відноситься до деталей типу фланець, геометрично з'єднується з корпусом фільтра та служить для кріплення фільтроелементів у фільтрі. Виготовляється деталь з алюмінієвого ливарного сплаву АЛ5 ДСТУ 2839-94.

Виконано аналіз конструкції деталі Кришка КРР.043.22.24 та на основі аналізу базового технологічного процесу розроблено обґрунтовано новий технологічний процес її виготовлення. Під час проведення аналізу встановлено, що деталь кришка КРР.043.22.24 в цілому відповідає усім якісним та кількісним критеріям, що необхідні для технологічного виготовлення.

Техніко-економічне обґрунтування по вибору заготовки і технологічного процесу, що було проведено в роботі, довело доцільність і економічність обраного варіанту. В роботі проведено зміну методу отримання заготовки, що дає можливість зменшити величину припусків, веде до економії металу, скорочення кількості проходів при механічній обробці. Конструкція деталі має достатню жорсткість для її надійного закріплення на верстатах та обробці на режимах різання, що забезпечують високу продуктивність. При механічній обробці у деталі є зручні поверхні для її установки в пристосуваннях, дотримуючись правила єдності і сталості баз при виконанні основних найбільш точних розмірів. Є вільний доступ до оброблюваних та вихід різального і вимірювального інструменту.

Проаналізувавши конструкцію деталі (рис. 1), спроектовано новий маршрут технологічного процесу виготовлення кришки КРР.043.22.24 з використанням верстатів з ЧПК. Операцію токарну проводити з використанням токарного верстата з ЧПУ16к20Ф3

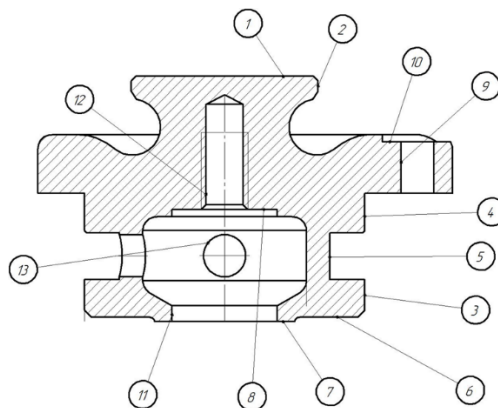


Рис. 1 - Ескіз деталі кришка КРР.043.22.24

Проведено розрахунок припусків на механічну обробку на наступні операції: підрізання торця, точіння чистове, точіння фаски, розточування, проточування канавки.

Крім цього розраховано режими різання при точінні аналітичним методом, визначено потужність різання N , силу різання F , частоту обертання шпинделя n , швидкість різання при поздовжньому та поперечному зовнішньому точінні V .

Спроектовано пристрій для обробки деталі Кришка КРР.043.22.24 – спеціальний пристрій з механічним затискачем. Принцип дії пристрою полягає в тому, що при підтиску вентилем заготовка надійно закріплюється в пристосуванні для подальшої її обробки [1].

. Деталь надійно закріплена та позбавляється 6 ступенів свободи. Пристрій зручно використовувати для закріплення та зняття деталі, цим ми скорочуємо допоміжний час, збільшуючи продуктивність та підвищуючи завантаження верстата, зменшуючи час його

простою. Конструкція деталі та її точні параметри дозволяють вести обробку на фрезерному верстаті типу нормальної точності. Як інструмент може бути застосована фреза кінцева, свердло, зенкер, мітчик. Розраховано час випуску деталі, що дорівнює $\tau = 24,1$ хв.

Проведено розрахунки зусилля закріплення показав, що сила закріплення становить $P_3 = 1325$ Н, а момент затягування $M = 1,42$ Н/м, розрахунок пристосування на точність, запас точності становить $\Delta T = 378$ мкм, розрахунок міжремонтного періоду пристосування, який становить $A = 3,4$ роки.

В роботі проведено проектування пристосування для контролю перпендикулярності торця і круглості отвору. Розрахований запас точності становить $\Delta T = 260$ мкм.

Новий технологічний процес з використанням верстатів з ЧПК, верстатний пристрій для надійного закріплення деталі при обробці, контрольне пристосування, спроектовані в роботі забезпечать значну економію часу, ресурсів, матеріальних витрат та забезпечать безпечні умови праці для працівників

Перелік джерел посилання

1. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю.В. Петраков, С.В. Сохань, В.К. Фролов, В.М. Кореньков. – Електронні текстові данні (1 файл: 10,2 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТОЧІННЯ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ДЕТАЛІ ІЗ СТАЛІ 35 В SIMULIA/ABAQUS

Васильков І.В., Ткачук В.П., Романішина О.В.
Хмельницький національний університет

Моделювання процесу точіння циліндричної деталі із сталі в середовищі SIMULIA/Abaqus дозволяє провести детальний аналіз теплових, механічних та динамічних явищ, що виникають під час обробки. Це дає змогу визначити оптимальні режими різання, зменшити знос інструменту та підвищити якість обробленої поверхні.

Для дослідження було створено тривимірну геометричну модель деталі та різального інструменту. Матеріалом деталі виступала сталь 35, круглий прокат з розмірами $\text{Ø}63 \times 2000$ мм, а інструмент виконано із твердого сплаву. Геометрія включала зону контакту між різцем і поверхнею деталі, що дозволило врахувати процеси тертя та деформації в точці різання. На рисунку нижче представлено модель у середовищі SIMULIA/Abaqus із сітковою структурою.

Під час моделювання було задано такі вхідні параметри:

- швидкість різання – від 100 до 200 м/хв;
- подача – від 0,05 до 0,15 мм/об.

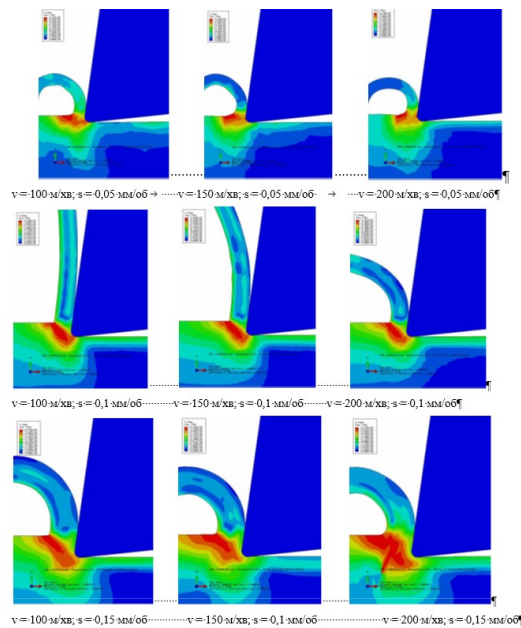


Рис. 1 - Розподіл напружень по фон Мізесу і стружкоутворення при точінні сталі 35

Матеріальні властивості враховували теплопровідність, модуль пружності, межу текучості та теплоємність сталі та твердосплавного інструменту. Граничні умови включали швидкість обертання деталі, контактне тертя між інструментом і деталлю, а також тепловідвід у навколишнє середовище [1].

На основі розрахунків було отримано температурне поле у зоні різання, представлене на рисунку.

Аналіз температурного поля показав, що максимальна температура досягає 500-600°C у зоні контакту стружки з різальним інструментом. Це впливає на швидкість зношування різця та якість обробленої поверхні. Динаміка температурного розподілу також показала, що значна частина тепла відводиться стружкою, тоді як менша частина передається у матеріал деталі та різальний інструмент.

Для дослідження впливу кута нахилу ріжучого інструменту на розподіл еквівалентної пластичної деформації (PEEQ) у заготовці, стружці та ріжучому інструменті було проведено моделювання у програмному середовищі SIMULIA/Abaqus. Отримані результати дозволили детально проаналізувати зміну пластичної деформації у зоні контакту при різних кутах нахилу грабельної поверхні інструменту.

Моделювання показало, що зона вторинної деформації (SDZ), яка розташована на межі контакту між стружкою та інструментом, характеризується дуже високими значеннями еквівалентної пластичної деформації. Це обумовлено значним тиском, який чиниться інструментом на стружку, а також інтенсивними тертям і локальними деформаціями в зоні контакту.

Аналіз впливу кута нахилу інструменту показав такі закономірності:

- при негативному куті нахилу (-9°) максимальна пластична деформація спостерігається у зоні SDZ. Це пояснюється збільшенням довжини контакту між інструментом і стружкою, а також високим тиском, що сприяє інтенсивному нагріванню та зносу інструменту;
- при нульовому куті нахилу (0°) рівень пластичної деформації починає знижуватися, що пов'язано зі скороченням контактної площі та зменшенням тиску;
- при позитивному куті нахилу (15°) значення пластичної деформації суттєво зменшуються завдяки оптимізації напрямку прикладання сил та зменшенню довжини контакту. Це позитивно впливає на стабільність процесу різання та подовжує термін служби інструменту.

Результати моделювання підтверджують, що правильний вибір кута нахилу ріжучого інструменту є важливим фактором для зменшення енергетичних витрат, мінімізації зношування інструменту та покращення якості оброблюваної поверхні. Отримані дані можуть бути використані для розробки рекомендацій щодо оптимізації технологічних режимів різання.

Таким чином, моделювання у SIMULIA/Abaqus дозволило отримати детальну інформацію про розподіл пластичної деформації у зоні різання, що має критичне значення для вдосконалення процесів обробки металів (рис.2).

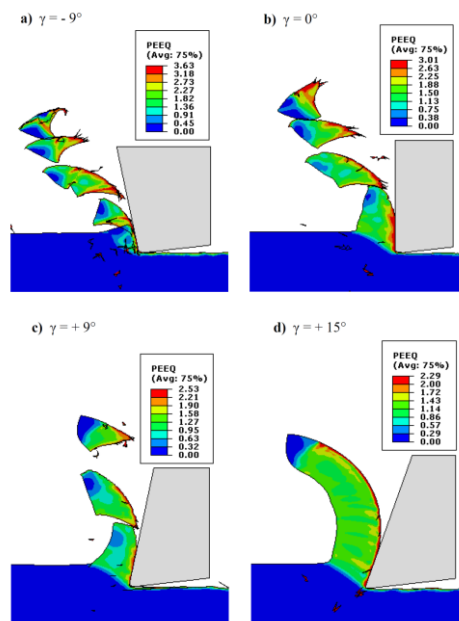


Рис. 2 – Розподіл деформації та формування стружки при різних кутах нахилу при швидкості різання 400 м/хв і швидкості подачі 0,2 мм/об., а) $\gamma = -9^\circ$, б) $\gamma = 0^\circ$, в) $\gamma = +9^\circ$, г) $\gamma = +15^\circ$.

Перелік джерел посилання

1. Новіков Ф. В. Математичне моделювання та оптимізація процесів металообробки : монографія / Ф. В. Новіков. – Х. : Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2014. – 384 с. (Укр. мов.)

ПРОЄКТ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРСТАТА ЛАЗЕРНОГО РОЗКРОЮ ДЕРЕВОВОЛОКНИСТИХ ПЛИТ

Йолтухівський Р. В., Ткачук В. П.
Хмельницький національний університет

Порівняно з традиційними методами лазерне різання як металевих, так і неметалевих матеріалів має ряд істотних переваг. В першу чергу це велике різноманіття оброблюваних виробів; можливість отримання тонких розрізів завдяки гострому фокусуванню лазерного променя; мала зона термічного впливу випромінювання; мінімальний механічний вплив на матеріал; хімічна чистота процесу різання; висока продуктивність методу.

Лазерні технології останнім часом знаходять все більш широке застосування в промисловості, тому що розвиток сучасного виробництва зумовлює все зростаюче впровадження наукомістких технологій. Використання лазерної обробки матеріалів дозволяє забезпечити високу якість одержуваних виробів, задану продуктивність процесів, екологічну чистоту, а також економію людських і матеріальних ресурсів. В результаті використання лазерного променя для обробки матеріалів з'являється можливість внесення докорінних змін у технологію виготовлення виробів

Лазерне різання деревноволокнистої плити забезпечує високу точність обробки.

Мета роботи полягає у вдосконаленні технологічного процесу розкрою деревноволокнистих плит з розробкою конструкції верстата лазерного розкрою деревноволокнистих плит у програмному продукті SolidWorks.

Вибираємо структурну схему верстата, що передбачає в його конструкції три основні вузли, з яких складається верстат, яку представлено на рис.1.

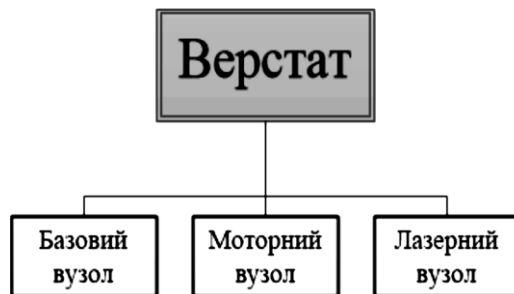


Рис. 1 - Структурна схема верстата лазерного розкрою деревноволокнистих плит

Призначення вузлів верстату верстата лазерного розкрою деревноволокнистих плит.

Першим – базовий, базовим вузлом є рама, що складається з алюмінієвого, верстатного профілю розміром 20x40 мм, та сталевих направляючих рейок HIWIN20 з каретками.

Другим вузлом буде система керування Arduino Uno, що керує кроковим двигунами NEMA17 і переміщує за допомогою пасової передачі оптику.

Третій вузол – лазерний. Лазерна труба CO2, що розпалюється за допомогою блоку розпалу і через систему лінз і дзеркал проектує потік фотонів високої інтенсивності, за рахунок чого і відбувається обробка матеріалів.

За допомогою програмного продукту SolidWorks було розроблено основні конструктивні параметри верстату лазерного розкрою деревноволокнистих плит. На рис. 2 показано загальний вид лазерного верстата у 3D- форматі та розроблено робочі креслення основних вузлів.

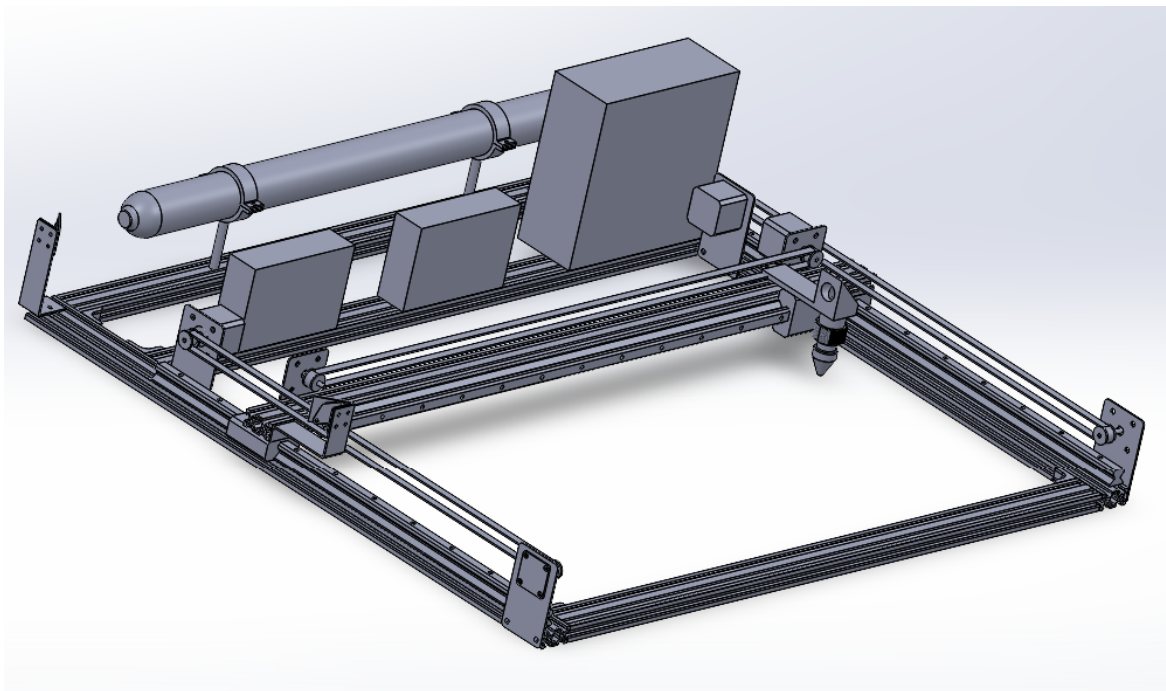


Рис. 2 - Загальний вид лазерного верстата

Крім того, щоб верстат працював безперебійно, він також оснащений комп'ютерною системою керування Arduino Uno (рис. 3).

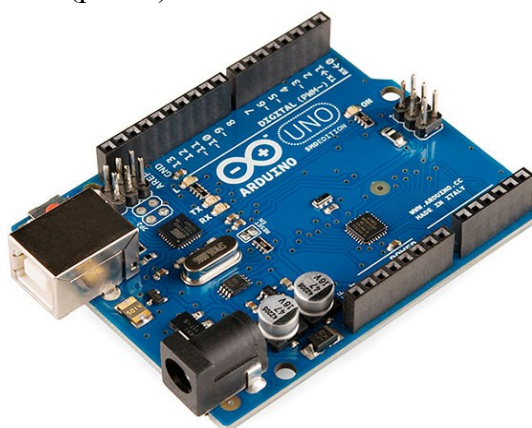


Рис. 3 - Плата Arduino Uno

За допомогою з'єднання з платою CNC може виконуватися керування верстатом. Такий тип керування хоч і має свої недоліки, та достатньо ефективний для виконання простих завдань, дешевий у використанні, що дозволяє без особливих зусиль та фінансових можливостей використовувати можливості програмованих верстатів

Лазерні верстати мають величезний робочий потенціал, що дозволяє їм успішно вирішувати найрізноманітніші завдання. Таке сучасне обладнання складається з високотехнологічних елементів і комплектуючих з високоякісних матеріалів.

Вони широко застосовують програмні методи для контролю та налаштування параметрів. Все це дозволяє таким пристроям працювати в трьох вимірах і виконувати найскладніші операції порізки та гравіювання.

Всі роботи, які виконуються на такому обладнанні, виконуються якісно і з найвищою точністю. Верстат може виконувати складну графіку в різних формах зображення за допомогою програм обробки. Виготовлення порізкою, гравірування та контурування сувенірної продукції.

**СПЕЦІАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПРОТЯГУВАННЯ МАСЛЯНОЇ КАНАВКИ
У ДЕТАЛІ ПОВЗУН АВ.4116. 002**

Перун Д. А., Гордєєв А. І.
Хмельницький національний університет

Машинобудування є провідною галуззю та «ядром» всієї промисловості. Продукція машинобудівних підприємств відіграє важливу роль у впровадженні результатів науково-технічного прогресу в усі галузі економіки. Частка машинобудівної галузі в Україні становить майже 30% від загального обсягу промислового виробництва.

Деталь повзун АВ.4116. 002 призматичної форми має похилі поверхні, отвори для кріплення для осі та кріпильні отвори. Оскільки деталь знаходиться в рухомому вузлі, поверхня має змащувальні канавки, а вимоги передбачають її азотування для підвищення зносостійкості.

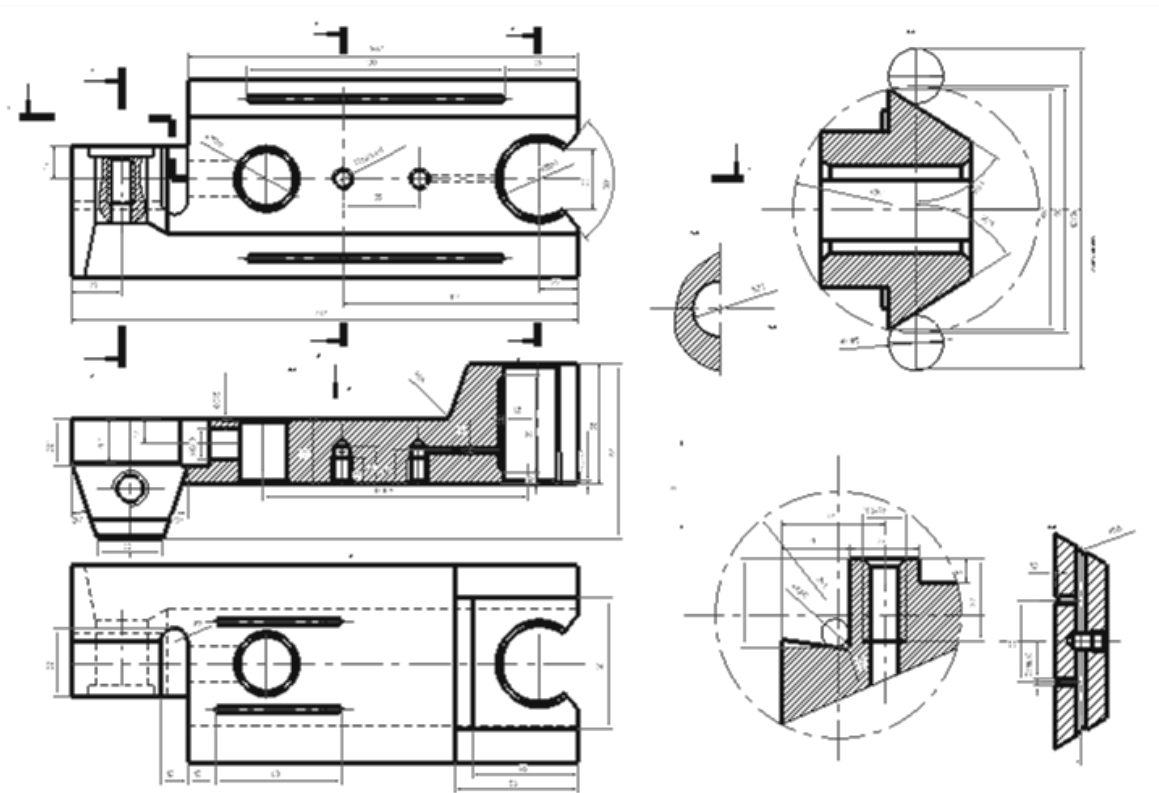


Рис.1 - Креслення деталі «Повзун»

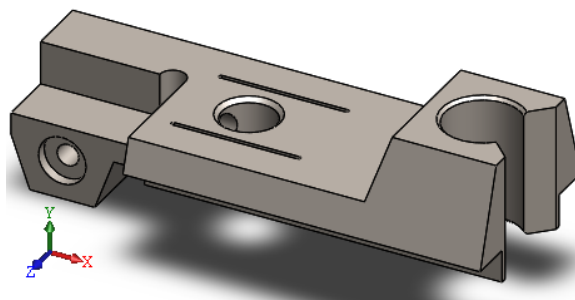


Рис. 2 - Загальний вигляд 3D-деталі «Повзун»

Конструкція деталі має свої особливості: основні отвори мають виступи по різні сторони, бокові поверхні мають скоси під 60° , багато канавок та отворів для змащування. До виконавчих поверхонь визначені високі вимоги по шорсткості та по взаєморозташуванню поверхонь, також високі вимоги неперпендикулярності (не більше 0,05 мм), непаралельність не більше 0,2 мм 100 мм довжини. Основний отвір виконується по Н7. Все це говорить, що деталь повзун має складну конфігурацію та високі вимоги до її виготовлення.

В основному розташування поверхонь деталі є технологічним, тому, що отвори виконані на поверхнях з однієї сторони, що дозволяє застосовувати верстати з ЧПК. Але є елементи деталі, які нетехнологічні – змащувальні отвори $\varnothing 5$ мм та масляна канавка у отворі $\varnothing 35$ Н7.

В базовому технологічному процесі масляна канавка оброблялась довгою фрезою $\varnothing 5$ мм, що призводило до частих поломок інструменту та значного часу оброблення. Було запропоновано обробку канавки проводити протягуванням на спеціальному пристрої.

Спеціальний пристрій складається: з вузла гідроприводу; корпуса: базових елементів; гідроциліндру; різального блоку; елемента керування процесом оброблення. Принцип роботи спеціального пристрою наступний.

Заготовка базується на два пальці та площину стола (рис. 3). У гладкому пальці створено отвір за допомогою спеціальної втулки, в якому рухається тяга, у якій встановлено різець для протягування канавки, з'єднаний з штоком гідроциліндру. На внутрішній поверхні отвору спеціальної втулки створено кулачок по профілю довжини канавки.

Деталь встановлюється на пальці до площину стола пристрою. При включенні гідроциліндру, поршень рухається униз та тягне шток з різцем, коли він наштовхується на кулачок починається процес різання канавки, після виходу з контактом кулачка різання закінчується. Деталь знімається та встановлюється нова. Закріплення деталі не потрібно тому, що сила різання при протягуванні канавки направлено до плити стола пристрою і виконує роль затискного зусилля.

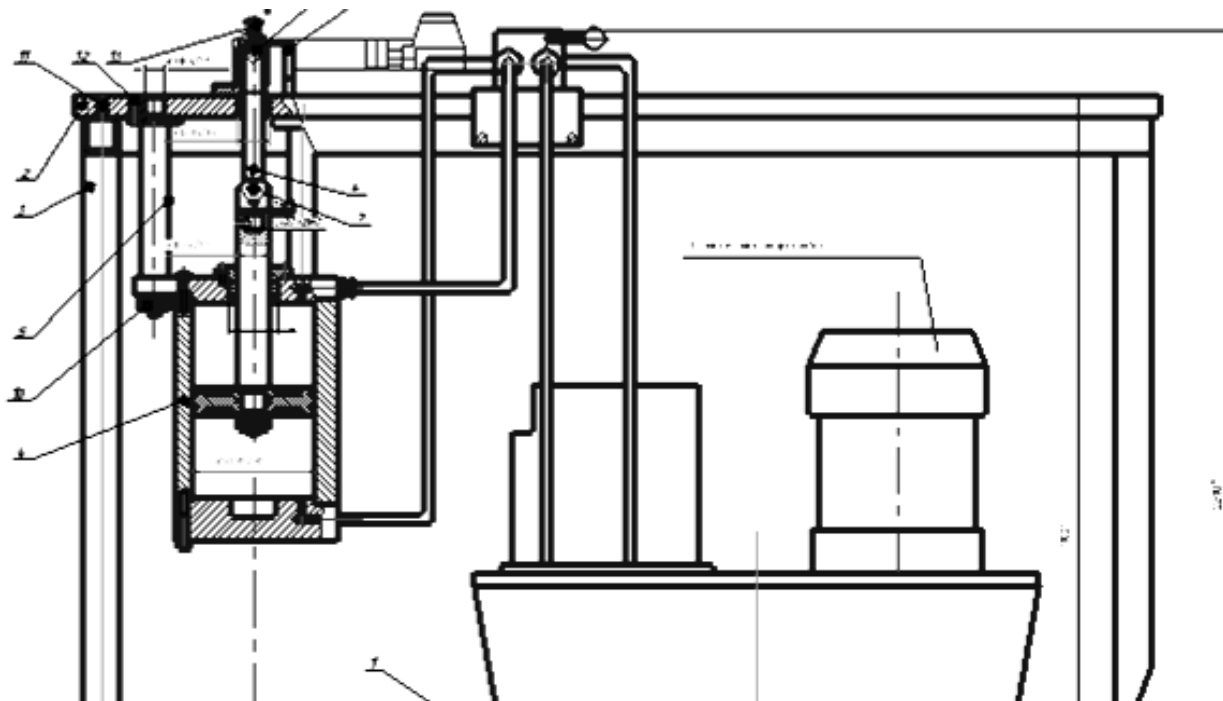


Рис. 3 - Схема пристрою для протягування

Застосування протягування канавки на спеціальному пристрої дозволило підвищити продуктивність оброблення та зменшити кількість інструментів, що використовуються.

ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЕТАЛІ КРОНШТЕЙН СМ.004.310 ПРИ РОБОЧИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

Рибак О. С., Гордєєв А. І.

Хмельницький національний університет

Якість продукції машинобудування є загальним показником науково-технічного прогресу та якості виробленої продукції. Питання якості машинобудівної продукції набувають особливого значення у зв'язку з необхідністю підвищення конкурентоспроможності вітчизняної продукції на світовому ринку.

Для машинобудівних підприємств підвищення якості машинобудівної продукції має першочергове значення. Це досягається шляхом удосконалення конструкції машин, їх деталей та вузлів, використання нових конструкційних матеріалів, автоматизації технологічних процесів та розробки методів нанесення захисних покриттів. Особливу роль у проблемі забезпечення якості машинобудівної продукції відіграє технологія машинобудування при створенні нових машин та відповідно оригінальних деталей. Кронштейн служить для кріплення і взаємного розташування складових деталей копірувального механізму.

Метою досліджень є інженерний аналіз конструктивних параметрів деталі Кронштейн СМ.004.310 на міцність та можливих переміщень елементів деталі при впливі робочих навантажень.

Для виконання аналізу конструкції деталі використовується програмне середовище SolidWorks. У середовищі SolidWorks і модулі моделювання користувачі можуть використовувати метод кінцевих елементів для виконання інженерних розрахунків і моделювання різних впливів робочих навантажень на виріб. Зазвичай в програмі SolidWorks створюються тривимірні об'єкти. Процес створення таких об'єктів відповідає певному алгоритму. Як правило, спочатку в шаблоні «Деталь» на площині будується двовимірний контур (ескіз в 2D), далі з ескізу створюється тривимірна деталь. Кожна тривимірна деталь зберігається в окремий файл. Набір таких деталей можна з'єднати у збірку в шаблоні «Збірка». Креслення створюються за допомогою шаблону «Креслення», причому в шаблон можуть експортуватися як деталі, так і збірки деталей.

Тривимірну модель Кронштейна СМ.004.310 створюємо за допомогою програмного продукту SolidWorks, яка представлена на рис. 1. Схему сітки розбиття Кронштейна СМ.004.310 на скінченні елементи зображено на рис.2.

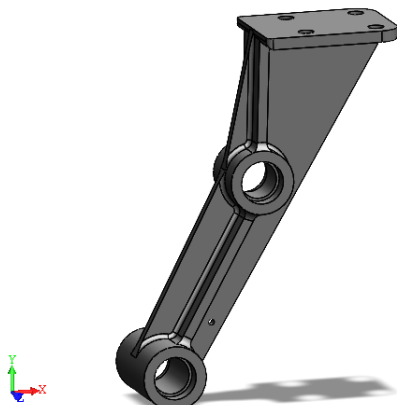


Рис.1 - Загальний вигляд тривимірної моделі Кронштейн СМ.004.310

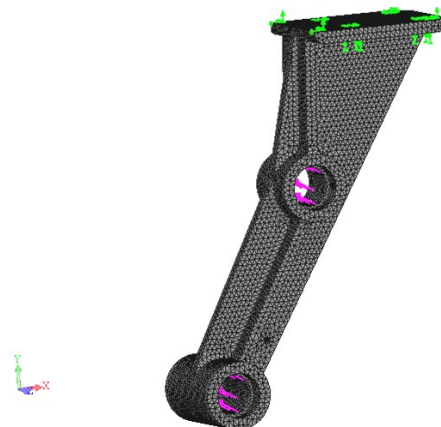


Рис. 2 - Сітка деталі Кронштейн СМ.004.310, побудована методом кінцевих елементів

Для того, щоб здійснювати які-небудь розрахунки з твердотільною моделлю деталі необхідно визначити матеріал, з якого вона виготовлена. У SolidWorks analysis є 2 способи

вказати матеріал для виконання аналізу. За замовчуванням при розрахунку використовуються властивості матеріалу «з роботи». Призначення матеріалів для тривимірних моделей виконується з вікна властивостей операції або з бази даних матеріалів. Доступ до бази даних матеріалів.

Навантаження буде прикладатиметься до внутрішніх поверхонь отворів деталі імітуючи дію згину кронштейна під час роботи деталі у вузлі (рис. 3).

Кронштейн пітримує вали копіювального механізму в процесі робіт та працює на згин звідси і виникають робочі навантаження.

Після виконання необхідних операцій отримаємо зображення переміщення елементів деталі Кронштейн СМ.004.310 під дією робочих навантажень.

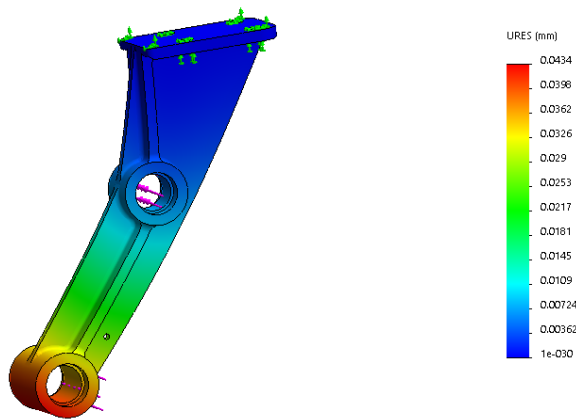


Рис. 3 - Статичне переміщення елементів деталі Кронштейн СМ.004.310 під дією робочих навантажень

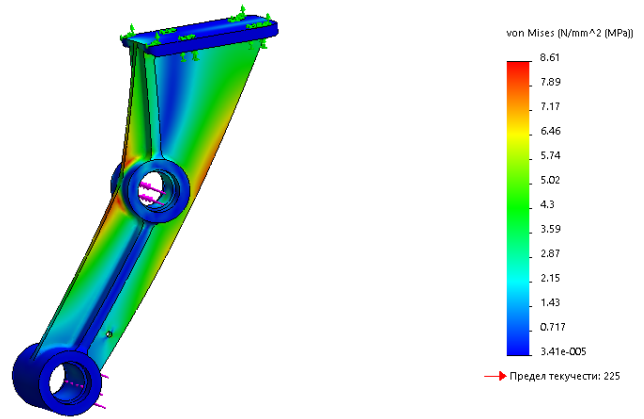


Рис. 4 - Напруження в елементах деталі Кронштейн СМ.004.310

Після виконання всіх необхідних операцій виконується розрахунок напружень рис. 4 та деформацій рис. 5. Результати розрахунку відображаються в дереві задач. Виявлено з рис. 4, що в деяких зонах максимальні напруження по Мізесу дорівнюють 6,46 МПа.

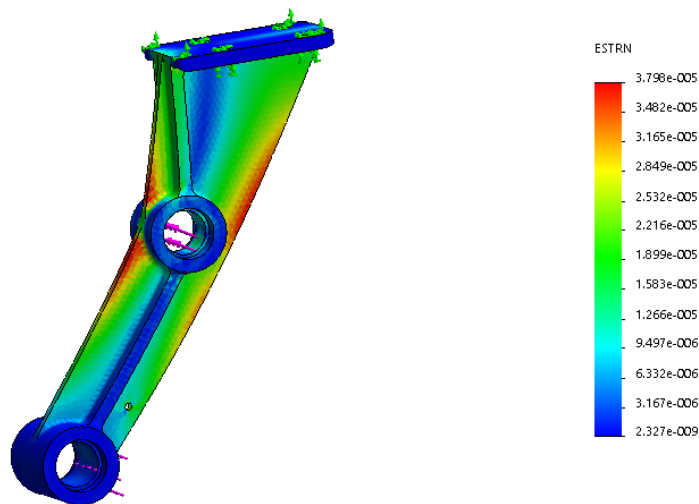


Рис.5 - Результати аналізу (деформація)

Провівши аналіз конструктивних параметрів деталі при робочому навантаженні виявлено в деяких зонах максимальні напруження по Мізесу 6,46 МПа, та максимальні переміщення 0,0434 мм, що є в межах допустимої норми.

Отже деталь Кронштейн СМ.004.310 має достатню жорсткість, буде працювати при робочому навантаженні без значних деформацій поверхонь і не потребує додаткових конструкторських модернізацій по зміні та збільшенню розмірів її окремих параметрів.

У нашому випадку концентратором зусиль у корпусі будуть місця закріплення його болтами та місце центрального отвору.

Якщо 3D-модель успішно створена, відображається діалогове вікно, що керує налаштуваннями для створення сітки кінцевих елементів, і в кінці формується модель тетраедричної сітки для апроксимації 3D-моделі виробу. Схему сітки розбиття пластини на скінченні елементи зображено на рис. 3. Навантаження виникає в процесі утримання замком на рейці виробу та прикладатиметься до внутрішньої поверхні деталі під час роботи деталі у вузлі (рис. 4) та створюють перміщення елементів деталі Корпус ДХ.435. При значних зміщеннях можливе заклинювання рухомих вузлів.

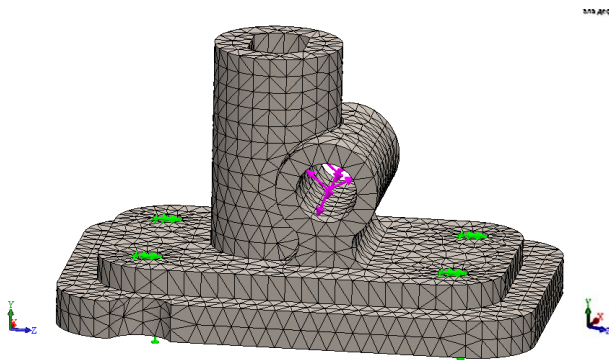


Рис. 3 - Створення сітки деталі, яка побудована методом кінцевих елементів

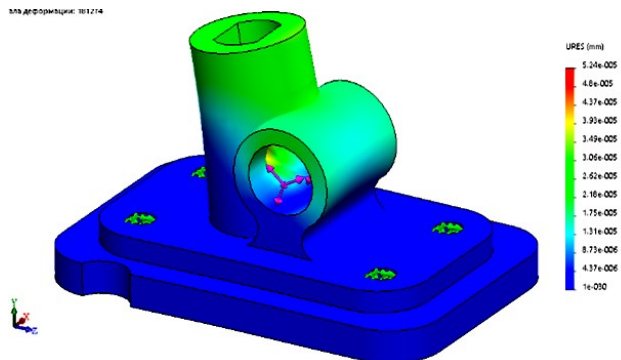


Рис. 4 - Переміщення елементів деталі Корпус ДХ.435 під дією робочих навантажень

Після виконання всіх необхідних операцій виконується розрахунок напружень рис. 5 та деформацій поверхонь рис. 6.

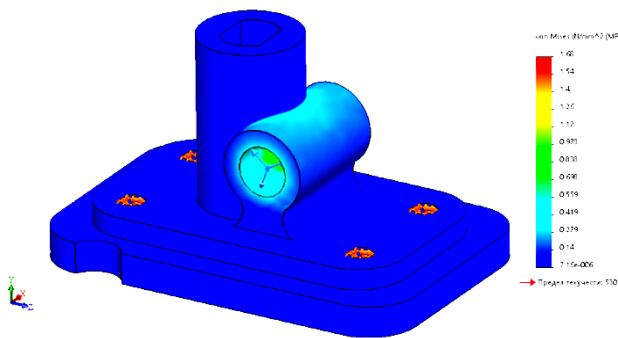


Рис. 5. - Напруження в елементах деталі Корпус ДХ.435 під дією робочих навантажень

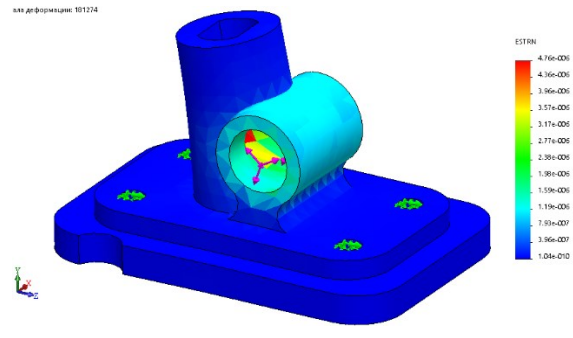


Рис. 6 - Результати аналізу (деформація) деталі Корпус ДХ.435 під дією робочих навантажень

У програмному продукті SolidWorks проведено аналіз поведінки (переміщення та прогин) конструктивних параметрів деталі при робочому навантаженні. Виявлено в деяких конструктивних елементах максимальні напруження по Мізесу 0,419 МПа, та максимальні переміщення елементів конструкції деталі на 0,003468 мм., що є в межах допустимої норми.

Отже деталь Корпус ДХ.435 має достатню жорсткість, буде працювати при робочому навантаженні без значних деформацій поверхонь і не потребує додаткових конструкторських модернізацій по збільшенню розмірів її окремих параметрів.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ
«ФЛАНЕЦЬ КМД 08-604» З ВИКОРИСТАННЯ ВЕРСТАТІВ З ЧПК**

Милько В.В., Бережний О.М.,
Хмельницький національний університет

Деталь «Фланець КМД 08-604» (рис. 1) входить до складу ходової частини моста. Ходова частина комбайна складається з балки мосту та двох пневматичних коліс.

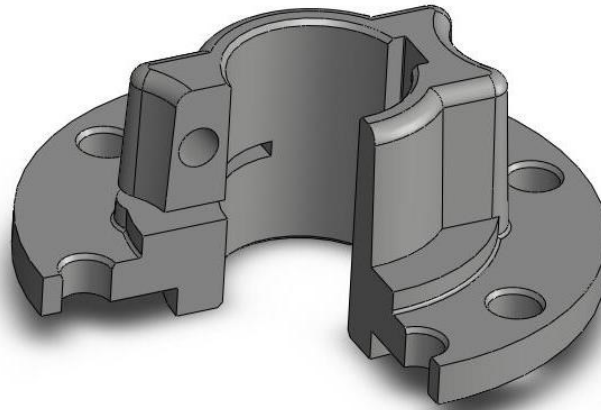


Рис.1 - Ескіз деталі Фланець КМД 08-604

Існуючий технологічний процес оброблення деталі передбачає використання токарно-револьверного, горизонтально-протяжного, вертикально-свердлувального та горизонтально-фрезерного верстатів. Провівши аналіз операцій наявного технологічного процесу обробки деталі, було запропоновано удосконалити його шляхом укрупнення операцій та зменшення часу на оброблення за допомогою сучасних верстатів з ЧПК, зокрема HAAS VF-2 [1].

Для розробки керуючої програми оброблення деталі на токарному верстаті з ЧПК HAAS ST20 використано CAM ESPRIT (рис. 2). [2]

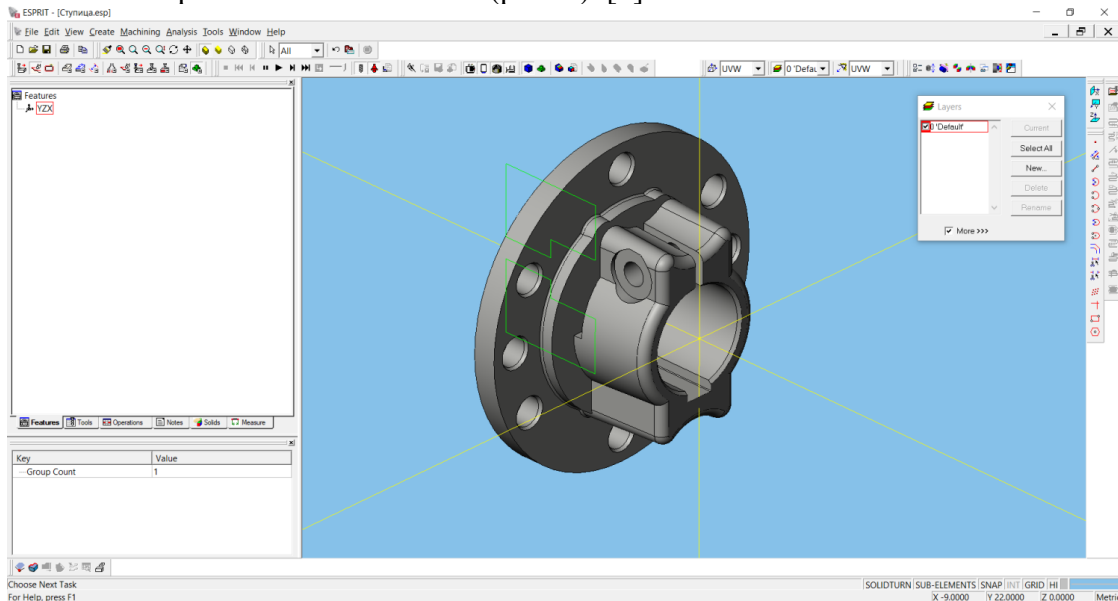


Рис. 2 - 3D-модель деталі у CAM ESPRIT

Було визначено стратегію оброблення деталі, підбір режимів різання та зрештою проведено симулювання процесу обробки з створенням траєкторій руху інструменту (рис. 3).

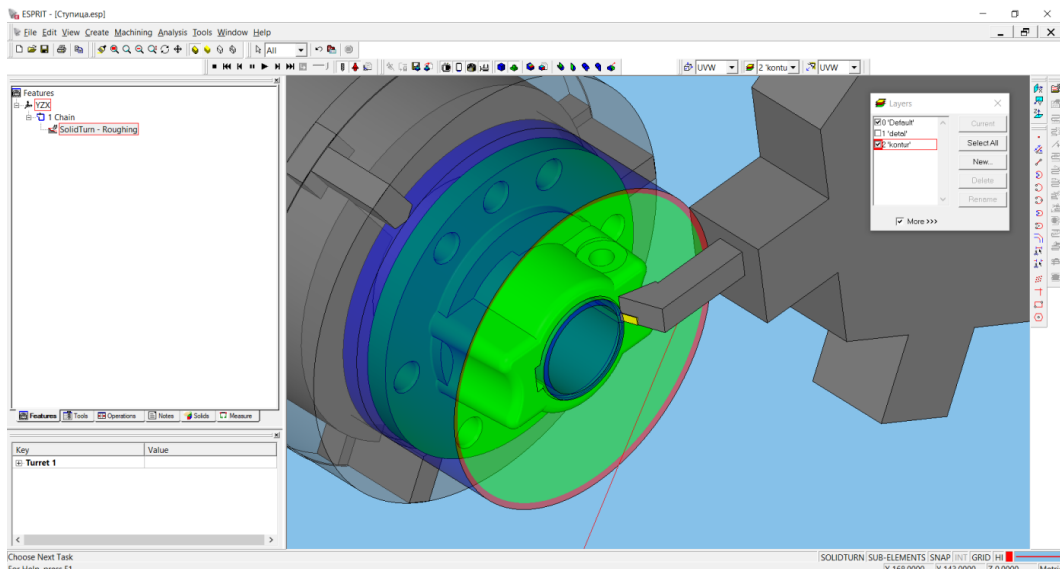


Рис.3 - Створення траєкторій інструменту

На заключному етапі було згенеровано G-код (рис. 4) та проведена перевірка коректного відпрацювання керуючої програми за допомогою стійок-симуляторів в лабораторії кафедри технології машинобудування.

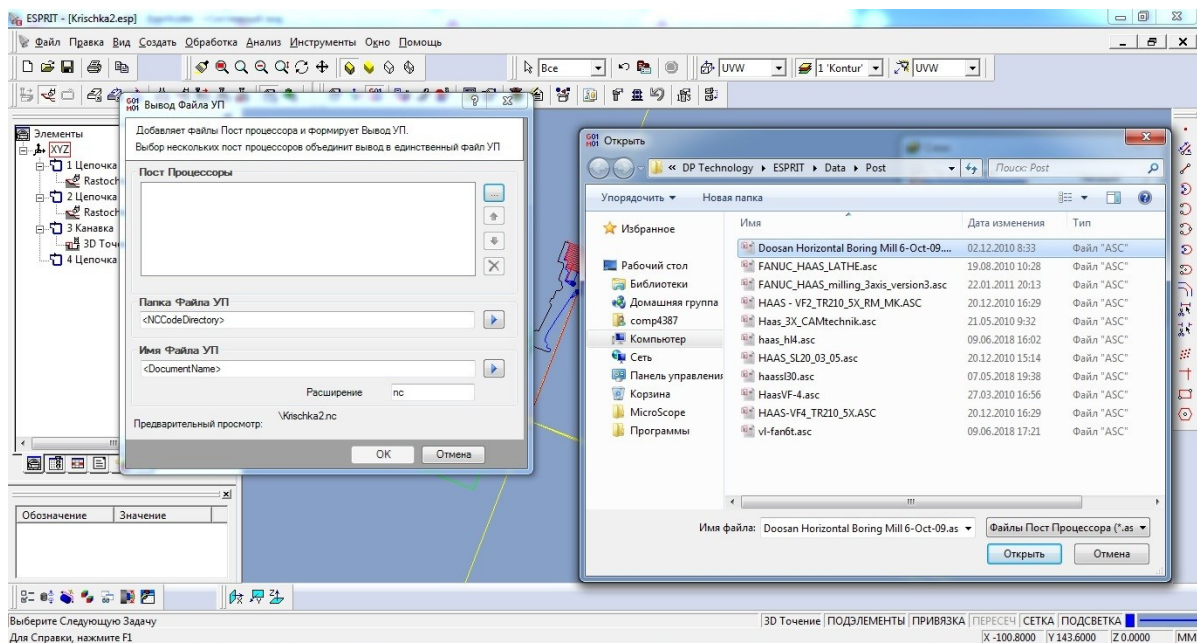


Рис.4 – Генерація коду керуючої програми

Висновки: удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець КМД 08-604» дозволило зменшити час на оброблення деталі із одночасним підвищенням точності обробки за рахунок більш жорсткої системи ВПД. Використання САМ-технологій забезпечило високу продуктивність, якість та надійність технологічного процесу. Результати підтверджують доцільність застосування САМ ESPRIT для автоматизації програмування сучасних ЧПК-верстатів.

Перелік джерел посилання

1. 1. Багрій, В. Г., Коржик, С. М., Лисенко, В. І. "Технологія машинобудування". Навчальний посібник. – Київ: Наукова думка, 2018. – 432 с.
2. 14. Шевченко, В. М., Дубовик, Р. С. "Комп'ютерне моделювання технологічних процесів у машинобудуванні". – Київ: Політехніка, 2020. – 410 с.

Було визначено стратегію оброблення деталі, підбір режимів різання та зрештою проведено симулювання процесу обробки з створенням траєкторій руху інструменту (рис. 3).

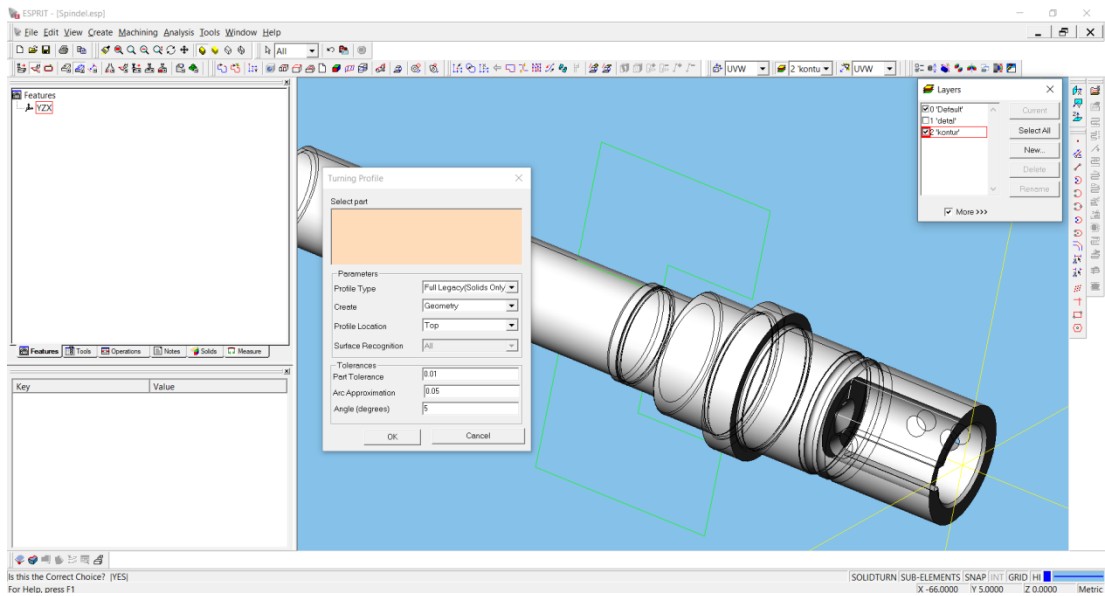


Рис. 3 - Створення траєкторій інструменту

На заключному етапі було згенеровано G-код (рис. 4) та проведена перевірка коректного відпрацювання керуючої програми за допомогою стійок-симуляторів в лабораторії кафедри технології машинобудування.

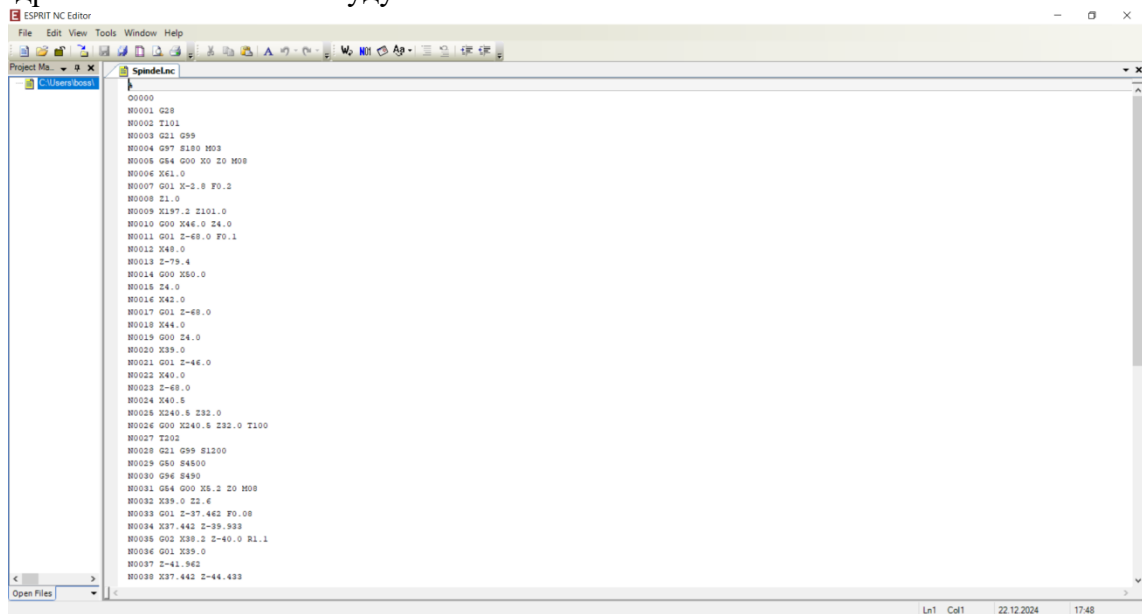


Рис. 4 - Фрагмент керуючої програми

Висновки: удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Шпиндель GDZ-301M» дозволило ефективно вирішити завдання оброблення складної деталі зі сталі 40X. Використання САМ-технологій забезпечило високу продуктивність, якість та надійність технологічного процесу. Результати підтверджують доцільність застосування САМ ESPRIT для автоматизації програмування сучасних ЧПК-верстатів.

Перелік джерел посилання

1. 1. Багрій, В. Г., Коржик, С. М., Лисенко, В. І. "Технологія машинобудування". Навчальний посібник. – Київ: Наукова думка, 2018. – 432 с.
2. 14. Шевченко, В. М., Дубовик, Р. С. "Комп'ютерне моделювання технологічних процесів у машинобудуванні". – Київ: Політехніка, 2020. – 410 с.

МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ БУКСОВОГО ВУЗЛА ЕЛЕКТРОВОЗА З МЕТОЮ ЗМЕНШЕННЯ ІНТЕНСИВНІСТЬ БІЧНОГО ЗНОСУ ГРЕБЕНІВ КОЛІСНИХ ПАР ТА РЕЙОК

Милько В.В., Безштанько Д.Ю.,
Хмельницький національний університет

Розвиток залізничного транспорту країни вимагає підвищення швидкостей руху вантажних поїздів до 120 км/за годину із одночасним зменшенням кількості відмов на 20% [1].

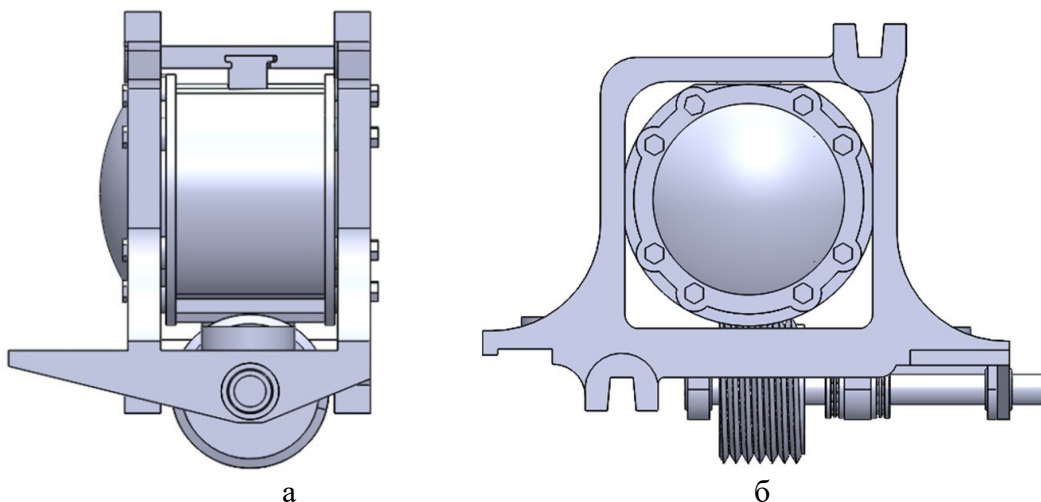
Одним з високонавантажених елементів ходових частин рухомого складу є корпус букси, що представляє собою литу деталь зі сталі 35Л, що сприймає динамічні навантаження з боку колісної пари, а також бічної рами візка.

При вписуванні рухомого складу в криві малого радіуса візка протягом усієї кривої займає перекисне положення, з'являється кут набігання колісної пари на зовнішню нитку, який сягає великих значень. З цієї причини виникають значні сили тиску гребенів коліс на рейку, що веде до підвищення опору руху та бічного зносу контактуючих поверхонь.

Для радикального вирішення проблеми потрібно для локомотивів, що працюють на ділянках з кривими малого радіуса, передбачати створення спеціальних пристроїв, що забезпечують керовану радіальну установку колісних пар (РУКП) локомотивних візків.

У відомих візках розгортаючі пристрої встановлені на обох колісних парах, але при цьому розташуванні рух візка в кривій малого радіуса є нестійким. Стійкість руху збережеться, якщо пристрій, що розвертає, встановлений тільки на одній передній колісній парі. Управління розворотом першої по ходу руху колісною парою дозволяє багаторазово зменшити величину кута набігання колеса на рейку і бічного тиску при найменшому моменті, що управляє, порівняно з другою колісною парою і рамою візка [2].

Для усунення недоліків існуючих схем було розроблено варіант конструкції буксового вузла електровоза для механічних систем РУКП та проведено дослідження недоліків модернізованої конструкції.



**Рис.1 - Конструкція буксового вузла електровоза для механічних систем РУКП:
а - вид збоку, б - вид спереду**

Розрахунок міцності модернізованої букси виконувався на основі напружено-деформованого стану моделі з використанням методу кінцевих елементів. Як матеріал запропонованої конструкції була обрана сталь 35Л, з якої виготовлений корпус серійного буксового вузла.

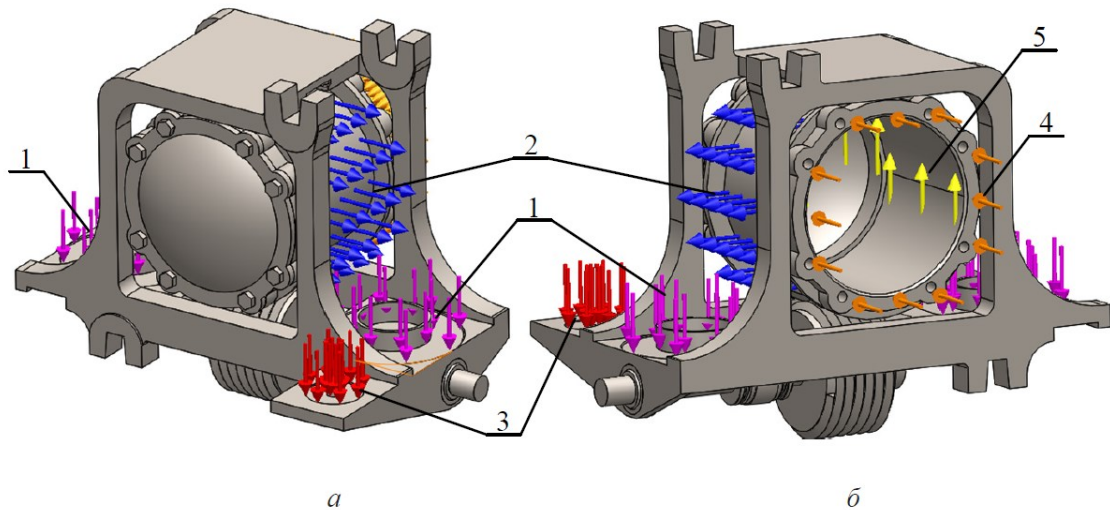


Рис. 2 - Розрахункова схема докладання сил: а - вид спереду, б - вид ззаду; 1 - навантаження від ваги підресореної частини електровоза, 2 - сила тяги, 3 - сила дисипації, 4 - відцентрова сила, 5 - сила від нерівності колії

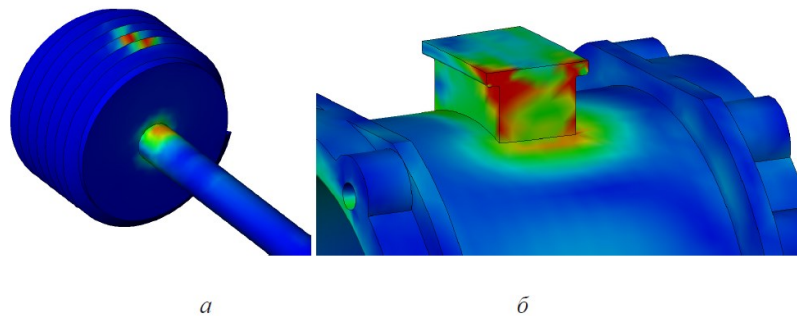


Рис. 3 - Епюра напруг конструкції буксового вузла: а - в області гвинта, б - в області повзуна

За результатами аналізу міцнісного розрахунку запропоновано модернізувати модель буксового вузла: повзун слід виконати прямокутної форми та збільшити на всю поверхню корпусу букси, що дозволить зменшити навантаження зі сторони рами букси та усунути заклинювання, а для збільшення площі контакту між зубчастою рейкою та гвинтом пропонується замінити дану передачу на передачу «гвинт - гайка» і перемістити її на бічну поверхню корпусу, що з'єднає раму букси з передньою кришкою, виключаючи обертання корпусу букси.

В результаті дослідження напружено-деформованого стану корпусу букси за наявності тріщини в місці переходу опорної поверхні визначені навантаження, при яких виникають напруги, що знаходяться за межою текучості матеріалу 35Л. Для зниження цих напруг може бути досягнуто шляхом поліпшення механічних властивостей сталі, зміною конструкції корпусу букси та зниженням ударного впливу в системі «колесо-рейка» в зоні стику.

Перелік джерел посилання

1. Впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів на залізницях України в 2004–2015 роках. Розрахункова вартість модернізації та реконструкції основних напрямків залізниць України для впровадження швидкісного руху: додатки до концепції / Державна адміністрація залізничного транспорту України. – К., 2004. – 36 с.

2. Орлянський М.С. Визначення напрямків підвищення надійності колісних пар електровозів на основі аналізу їх відмов в експлуатації //Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2011 – №126. – С. 167-170.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ

Огурок А.С., Майдан П.С.

Хмельницький національний університет

На сьогоднішній день вітрова енергія (ВЕ) є однією із найчистіших, найперспективніших альтернативних або відновлювальних джерел енергії (ВДЕ). Сучасна наука про використання енергії вітру переживає період досить стабільного розвитку. На сучасному етапі, зазвичай, використовують два підходи до використання ВЕ. Вітроенергетичні станції (ВЕС) високої потужності, працюють паралельно з загальною енергосистемою, а ВЕС низької потужності використовується автономно для локальних користувачів (споживачів), у більшості випадків децентралізованих.

Перспективи використання ВЕ визначаються наявністю відповідних вітроенергетичних ресурсів, наша країна багата на вітрові ресурси. Менше 50% території має середньорічну швидкість вітру в діапазоні від 4 до 5 м/с, а низка районів має швидкість вітру на рівні 6 м/с, що зумовлює дуже хороші перспективи для використання ВЕ [1-4].

Так як, більшість конструкцій горизонтальних вітроенергетичних установок (ВЕУ) є однороторними, що забезпечують надійність і довговічність роботи, простоту використання, проте існують фізичні обмеження на кількість енергії, яку можливо отримати з потоку вітру за допомогою використання таких однороторних ВЕУ. Однороторна ВЕУ може перетворювати менше 40% енергії вітрового потоку в необхідну споживачу електричну енергію. Таким чином, майже 60% потенційної енергії вітрового потоку не використовується. Тому частина даної енергії вітрового потоку може бути вилучена шляхом встановленням другого вітроколеса розташованим за першим вітроколесом.

Актуальність вибору в якості об'єкта дослідження ВЕУ малої (низької) потужності з горизонтальною віссю обертання вітродвигуна визначається тим, що: перспективою вдосконалення через досить високий попит на світовому ринку; невеликою відносною вагою на одиницю потужності; достатнім коефіцієнтом використання ВЕ; простотою і надійністю складання, використання та ремонту, доступними для користувачів, які не мають доступу до централізованої мережі електропостачання; екологічністю порівняно з ВЕУ великої (високої) потужності (малі ВЕУ не потребують відчуження земель і майже не створюють шуму).

Період окупності малої ВЕУ - основний фактор, що впливає на рішення про встановлення установки. Даний фактор залежить, в основному, висоти вежі, місця розташування, від якості вітряних ресурсів, переважаючих цін на електроенергію та характеристик турбіни, що використовується.

Великі ВЕС включаються в централізовану енергосистему, більш дрібні ВЕУ використовуються для постачання електричної енергії у віддалені райони. На відміну від стандартних джерел енергії, ВЕ практично невичерпна, доступна та більш екологічно чиста. Проте спорудження ВЕС пов'язане з деякими труднощами технічного та економічного характеру, що уповільнюють поширення вітроенергетики в світі.

Зокрема, мінливість вітрових потоків не створює проблем за умови невеликої пропорції ВЕ в загальному централізованому виробництві електричної енергії, однак при зростанні даної пропорції, зростають також і проблеми надійності виробництва всієї електричної енергії.

Зростанню ринку малої ВЕ можуть перешкоджати по перше адміністративні бар'єри та недосконалість логістики, по друге слабкий розвиток мережевої інфраструктури. З погляду централізованих силових мереж головні проблеми пов'язані із модернізацією та удосконаленням старої централізованої мережі та будівництвом нових об'єктів для додаткової передачі та розподілу енергії. Розширення централізованої мережі вимагає значних затрат коштів і часу, що в середньостроковій перспективі може призвести до зниження окупності

встановлених ВЕС. ВЕС, як правило, монтуються у віддалених районах, які слабо заселені й не володіють достатньою кількістю ліній електропередачі (ЛЕП).

У нас є достатня кількість запасів викопного палива, але ми істотно відстаємо від головних розвинених країн і багатьох країн, що розвиваються, як за обсягом, так і за темпами застосування ВДЕ. Також в нас є досить значні ресурси ВДЕ у вигляді енергії сонця, біомаси, гідроенергії, ВЕ. Однак, крім частини гідроенергії (ГЕС та ГАЕС), перераховані ресурси не знайшли достатнього рівня застосування аж до теперішнього часу. Основний споживач палива - виробництво електроенергії та, відповідно, тепла. У структурі паливного балансу електростанцій головну роль відіграє викопне вугілля, частка якого становить приблизно 75%, частка газу - 23%, відповідно, частка палива – 2%. Спостерігається стійка динаміка збільшення кількості споживачів та відповідно зростання виробництва електроенергії.

За наявних потужностей генерації електроенергії спостерігається певний дефіцит. Загальна встановлена потужність електростанцій складає близько 15 ГВт. Однак, наявні потужності генерації електроенергії мають досить значний термін експлуатації (більше 25 років). У структурі генерувальних потужностей теплові електростанції становлять близько 45% від загальної потужності, частка гідроелектростанцій - близько 12%, інші - близько 6% [1-4].

Перспективи використання вітроенергетики визначаються наявністю відповідних вітроенергетичних ресурсів, якщо приблизно 50% має на своїй території середньорічну швидкість вітрового потоку в діапазоні від 4 до 5 м/с, а частина територій буде мати швидкість вітру 6 м/с або навіть більше, що зумовлює дуже хороші перспективи для використання вітроенергетики. Для точної оцінки потенціалу ВЕ місць можливого монтажу обладнання необхідні спеціальні метеодослідження з використанням спеціалізованих метеомачт висотою від 30 до 80 м протягом щонайменше одного року досліджень. Отримані метеодані будуть використані для розрахунку річного вироблення електроенергії за допомогою ВЕУ. Такі результати використовують зазвичай для підготовки техніко-економічного обґрунтування будівництва ВЕС.

Спеціалістами спільно з міжнародними фахівцями з Німеччини було визначено перспективні місця для будівництва ВЕС на підставі аналізу метеоданих з урахуванням наступних факторів:

- топографія місцевості та висота над рівнем моря;
- доступність ЛЕП і розташування підстанцій для видачі потужності;
- наявність споживачів електричної енергії;
- наявність транспортних розв'язок;
- можливість монтажу ВЕС.

Основними відмінностями ВЕ від теплової електроенергії є нерівномірність потоку енергії з якої будемо отримувати електрику, що робить досить проблематичним узгодження графіків генерації та споживання енергії.

Питання нерівномірності ВЕ і, отже, загальної потужності, що видається ВЕУ можливо описати на досвіді країн із високим використанням ВЕУ в централізованій енергетичній мережі [5-7].

На сучасному етапі існує два підходи до використання ВЕ. Перший - велика вітроенергетика, що базується на потужних ВЕУ від 100 кВт, і мала ВЕ, що базується на ВЕУ низької потужності до 100 кВт. ВЕС високої потужності працюють паралельно з централізованою енергосистемою, а ВЕС низької потужності використовується автономно для децентралізованих малих споживачів.

Перелік джерел посилання

1. Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії: лабораторний практикум з дисципліни для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» /О.С. Поліщук, М.Є. Скиба, С.П. Лісевич, А.О. Поліщук, С.В. Каретний, О.В. Вишинський. Хмельницький: ХНУ, 2022. -185 с.
2. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії / С.О. Кудря,– К.: НТУУ “КПІ”, 2012. – 492 с.
3. Ковальов, І.О. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії України [Текст]: навч. посіб. / І.О. Ковальов, О.В. Рагушний. - Суми: СумДУ, 2016. - 201 с.

4. Ackerman T. Wind power in power systems/ John Wiley & Sons, Chicester, U.K., 2005.
5. Sorensen P. Wind farm models and control strategies/ P. Sorensen, A.D.Hansen, F. Iov, F. Blaabjerg, M.H. Donovan // Technical Report RISO–R– 1464(EN), RISO National Laboratory, Roskilde, Denmark, 2005.
6. Основи вітроенергетики: підручник / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, Н. Нойбергер, Д. Циленков ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 335 с. ISBN 978-966-350-526-8
7. Альтернативні джерела енергії. Енергія вітру : Навч. посіб. / С.В. Сиротюк, В.М. Боярчук, В.П. Гальчак. – Львів: «Магнолія 2006», 2018. – 182 с.

ПРОБЛЕМАТИКА ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕГАЗОВИХ АВТОМАТИЧНИХ ВИМИКАЧІВ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ

Паламарчук А.Ю., Майдан П.С.
Хмельницький національний університет

Модернізація парку комутаційних апаратів, що використовуються, у світі буде рухатись шляхом нарощування частки використання вакуумних і элегазових вимикачів, а також комплектних розподільчих пристроїв з элегазовим захистом (КРПЕ). Насамперед це буде пов'язано з досить високим ступенем надійності та низькими експлуатаційними витратами даного виду захисного обладнання. Частка вакуумних вимикачів та КРП зібраних із використанням вакуумних вимикачів до 2020 року зростає швидкими темпами в класах напруги до 170 кВ.

Згідно постанови до 2030 року у світі у зв'язку з посиленням екологічних вимог элегаз і можливі суміші, будуть використовуватися в нових розробках в якості ізоляційного та дугогасного середовища, тільки за рівнів напруги вище 330 кВ. Елегазові апарати витіснятимуть вакуумні вимикачі, або КРП з вакуумними вимикачами та стисненим повітрям в якості ізоляції (КРПВВВ), або комбіновані апарати, коли ізоляційним середовищем може бути, наприклад, элегаз, а дугогасильним середовищем - вакуум.

Отже, розвиток високовольтної комутаційної апаратури майже повністю пов'язаний з элегазовим та вакуумним середовищем. Це свідчить про актуальність розвитку элегазового та вакуумного захисного обладнання.

Елегазовий автоматичний вимикач [1-3] - один із найсучасніших типів високовольтних автоматичних вимикачів. В якості середовища для гасіння електричної дуги використовується шестифториста сірка (SF_6 або элегаз), що володіє великою електричною міцністю і прекрасними дугогасильними властивостями. Назву элегаз (або повністю електричний газ) для шестифтористої сірки дав у 1947 р. минулого століття фізик Б. Гохберг, крім того першим висловив припущення про можливість використання элегазу в якості ізоляційного середовища для електрообладнання високого рівня напруги.

Автоматичні вимикачі з дугогасильним середовищем у вигляді элегазу є одним із тих напрямків, що достатньо швидко розвиваються в галузі створення нових автоматичних вимикачів змінної сили струму високого та надвисокого рівня напруги, які вирізняються малими габаритами та відповідають вимогам сучасної енергетики щодо надійності та комутаційної здатності. Використання элегазу для вказаних цілей обумовлено високими дугогасильними та ізоляційними властивостями газу.

У дугогасильних пристроях (ДГП) элегазових автоматичних вимикачів використовують різні способи гасіння електричної дуги в залежності від номінального рівня напруги, номінальної сили струму вимкнення й умови відновлення заданого рівня напруги.

Один зі способів - охолодження електричної дуги за допомогою элегазу під час перетікання газу з спеціального резервуару високого тиску (більше 2 МПа) в резервуар низького тиску (близько 0,3 МПа), тобто використовується аналогічний принцип, що і в повітряному автоматичному вимикачі. Однак основна відмінність полягає в тому, що в элегазових ДГП під час гасіння електричної дуги витікання газу через сопло відбувається не в навколишнє середовище, а в замкнутий об'єм камери, заповнений элегазом за відносно невеликого надлишкового рівня тиску. Гасіння потужної електричної дуги в комутаційних апаратах високого рівня напруги можливе лише за умови достатньо інтенсивного тепловідведення, яке у високовольтних автоматичних вимикачах забезпечується достатньо інтенсивним дуттям. Для того щоб уникнути переходу элегазу в інший агрегатний стан - в рідину за мінусової температури (приблизно мінус 40°C), спеціальний бак високого тиску необхідно постійно підігрівати до температури +12°C, тому що під час переходу элегазу в інший агрегатний стан знижується щільність газової фази і погіршується дугогасильна здатність. Для

підігріву елегазу використовується автоматична система, яка сильно ускладнює конструкцію автоматичного вимикача.

Інший спосіб використовується в автокомпресійних вимикачах, у яких спеціальний бак заповнений елегазом за рівня тиску в 0,3-0,4 МПа. При цьому забезпечується висока електрична міцність елегазу і можливість роботи без підігріву за рівня температури до мінус 40°C. У таких автоматичних вимикачах перепад рівня тиску, необхідний для гасіння електричної дуги, створюється спеціально встановленим компресійним пристроєм, механічно пов'язаним із рухомим контактом комутаційного апарата. У процесі гасіння електричної дуги виходить перепад рівнів тиску в діапазоні 0,6÷0,8 МПа. При цьому забезпечуються умови для отримання критичного рівня швидкості витікання та ефективності гасіння електричної дуги.

Третій спосіб використання - спосіб гасіння електричної дуги, що переміщається під дією магнітного поля в нерухомому середовищі - елегазі. Тепловідведення від електричної дуги істотно зростає при швидкому переміщенні під дією сил магнітного поля в комутаційних апаратах низького рівня напруги. Під час заміни повітря на елегаз електромагнітний спосіб гасіння електричної дуги виявилось можливим поширити і на сферу високих рівнів напруги.

Широкому поширенню елегазових автоматичних вимикачів сприяли наступні переваги [4-6]:

- швидкодія і придатність для використання в будь-якому циклі АПВ;
- вибухо- і пожежобезпечність;
- висока здатність до відключення за особливо важких умов відключення (відключення невиданих КЗ та ін.);
- можливість виконання синхронного розмикання контактів безпосередньо перед переходом сили струму через нуль;
- низький знос дугогасильних контактів;
- надійне відключення ємнісних сил струмів холостих ліній;
- відносно низька вага (якщо порівнювати з баковими масляними вимикачами);
- можливість створення серії з уніфікацією великих вузлів;
- легкий доступ до дугогасників і простота ревізії;
- придатність для внутрішнього і зовнішнього монтажу.

Проте існують і недоліки використання [4-6]:

- відносна складність конструкції деталей і деяких вузлів, а також необхідність використання високонадійних ущільнень;
- необхідність у наявності автоматичних вимикачів спеціальних пристроїв для наповнення, перекачування й очищення елегазу;
- відносно висока вартість дугогасильного середовища і, відповідно, автоматичного вимикача загалом.

Перелік джерел посилання

1. Козлов В. Д. Електричні апарати. Модуль 1. – К.: НАУ, 2005.– 92 с.
2. Клименко Б.В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс : навчальний посібник. – Харків: Вид-во «Точка», 2012. – 340 с. ISBN 978-617-669-015-3
3. Козлов В. Д., Соломаха М. І. Електричні апарати. Модуль 2. Комутаційні апарати низької та середньої напруги: Посібник – К.: НАУ, 2006. – 84 с.
4. Баженов В. Н. Релейная защита элементов электрической сети с напряжениями 110...0,4 кВ: пособ. для практ. расчетов. Харьков: Планета-Принт, 2017. - 96 с.
5. Релейная защита и автоматика энергетических систем / В. Н. Баженов, К. В. Ушаповский, О. Г. Гриб и др. Харьков: «Типография Мадрид», 2015. - 340 с.
6. Кідиба В. П., Шелепеня Т. М. Захист ліній електропередавання. Львів: Вид. Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2004. - 185 с.

ОПТИМІЗАЦІЯ МІКРО- КОГЕНЕРАЦІЙНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ ДВИГУНА СТІРЛІНГА

Нікітін Є.С., Павленко В.М.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Сучасні енергетичні системи потребують інноваційних підходів до підвищення ефективності виробництва та використання енергії [1]. Одним із перспективних рішень є розвиток мікро-ТЕЦ, що поєднують когенераційний процес із використанням двигуна Стірлінга в паливному котлі. Така технологія дозволяє ефективно використовувати відновлювані джерела енергії, забезпечуючи автономне енергопостачання, високу ефективність роботи та мінімізацію негативного впливу на довкілля. Однак її широкомасштабне впровадження обмежене низкою технічних, економічних та організаційних викликів.

Попри значний потенціал мікро-ТЕЦ із двигуном Стірлінга, її впровадження потребує вирішення таких проблем, як висока початкова вартість обладнання, складність конструкції та експлуатації, а також недостатній рівень розвитку інфраструктури обслуговування. Обмежена електрична ефективність (10–15%) є ще одним стримувальним фактором. Відсутність стандартизованих підходів до оцінки економічної ефективності та нормативного забезпечення також негативно впливає на комерційну привабливість технології [2].

Розвиток технології мікро-ТЕЦ потребує комплексного підходу, що включає технічні вдосконалення, оптимізацію виробничих процесів, створення нормативно-правової бази та забезпечення доступності технології для споживачів. SWOT-аналіз дозволяє визначити основні сильні та слабкі сторони технології, а також оцінити можливості та загрози її впровадження.

Таблиця 1 – SWOT-аналіз технології мікро-ТЕЦ з двигуном Стірлінга

Сильні сторони	Слабкі сторони	Можливості	Загрози
Висока загальна ефективність (до 90% теплової та 10-15% електричної)	Висока початкова вартість обладнання	Державні стимули для розвитку децентралізованої енергетики	Конкуренція з іншими технологіями ВДЕ
Автономність і робота в різних кліматичних умовах	Складність конструкції та потреба у сервісному обслуговуванні	Масове виробництво і зниження собівартості	Зміни у законодавстві щодо сертифікації
Використання відновлюваного палива (пелет)	Нижча електрична ефективність у порівнянні з традиційними генераторами	Інтеграція з іншими ВДЕ (сонячні колектори, акумулятори)	Нестабільність ринку паливних пелет
Безшумність роботи двигуна Стірлінга	Обмежений ресурс високотемпературних компонентів	Використання сучасних систем енергоменеджменту	Недостатня поінформованість потенційних споживачів
Автоматизація подачі палива	Висока залежність від якості пелет	Оптимізація роботи через цифрові технології	Конкуренція з централізованими системами енергопостачання

Для забезпечення широкомасштабного впровадження мікро-ТЕЦ необхідно впроваджувати реалізацію наступних рішень [3].

Розробка лінійки установок різної потужності (від 1 до 10 кВт електричної потужності) дозволить задовольнити потреби різних категорій споживачів – від приватних будинків до промислових об'єктів. Впровадження модульного принципу конструкції сприятиме спрощенню обслуговування та ремонту, а також забезпечить швидке масштабування системи.

Інтеграція цифрових технологій управління є важливим напрямком розвитку. Віддалений моніторинг і діагностика обладнання дозволять оптимізувати роботу установки в реальному часі. Використання адаптивних алгоритмів керування сприятиме підвищенню ефективності роботи за рахунок автоматичного регулювання параметрів горіння та рекуперації тепла від відпрацьованих газів.

Оптимізація виробничих процесів має включати впровадження автоматизованих ліній з виготовлення компонентів, що зменшить собівартість обладнання та підвищить його конкурентоспроможність. Формування мережі сертифікованих постачальників комплектуючих та організація виробництва запасних частин забезпечить стабільність поставок і якість обслуговування.

Впровадження ефективної сервісної інфраструктури потребує створення мережі авторизованих сервісних центрів та впровадження системи планового обслуговування. Розробка мобільного додатку для діагностики та організація служби технічної підтримки значно покращить рівень комфорту користувачів.

З точки зору нормативного забезпечення необхідно розробити стандарти сертифікації обладнання, методики оцінки економічної ефективності та екологічні нормативи. Це дозволить інтегрувати технологію у загальні енергетичні мережі та підвищити рівень довіри серед потенційних споживачів.

Економічна доцільність впровадження технології передбачає розробку бізнес-моделей для різних сегментів ринку, створення фінансових програм лізингу та страхування обладнання. Важливим напрямком є розробка механізмів моніторингу економічної ефективності, що дозволить визначити оптимальні сценарії експлуатації та терміни окупності.

Екологічний аспект розвитку технології потребує проведення оцінки життєвого циклу обладнання, впровадження системи моніторингу викидів та створення програми утилізації відходів.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Результати дослідження підтверджують, що мікро-ТЕЦ із двигуном Стірлінга є перспективною технологією для автономного енергозабезпечення, яка забезпечує високий рівень енергоефективності та екологічної безпеки. Подальші дослідження мають бути спрямовані на підвищення електричної ефективності до 20–25%, інтеграцію з системами накопичення енергії та розробку єдиних стандартів сертифікації. Реалізація запропонованих рекомендацій сприятиме покращенню стабільності роботи мікро-ТЕЦ та їх ефективній інтеграції у сучасну енергетичну інфраструктуру.

Перелік джерел посилання

1. Павленко В., Воляник О., Пономаренко І., Данильченко Д. Дослідження перспектив розвитку технології «розумних енергосистем» із застосуванням розподілених баз даних // Енергетика і автоматика. 2024. №5., С. 66-76. Отримано з <https://www.journals.nubip.edu.ua/index.php/Energija/article/view/51318>
2. Чжу С., Ю Г., Лян К., Дай В., Ло Е. Огляд технології комбінованого виробництва тепла та електроенергії на основі двигуна Стірлінга. Прикладна енергетика. 2021. Т. 285. С. 116965.
3. Гаммонд Г. П., Тайтлі А. А. Малі комбіновані системи виробництва тепла та електроенергії: перспективи для розподілених мікрогенераторів у переході до "нульових" викидів у Великобританії. Енергії. 2022. Т. 15, № 16. С. 6049.

THE ROLE OF SMART TECHNOLOGIES IN IMPROVING THE RELIABILITY AND EFFICIENCY OF POWER GRIDS¹Nikitin Ye., ¹Pavlenko V., ²Volianyk O.¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine²Kyiv National University of Technologies and Design

The modern energy industry is experiencing a profound transformation driven by the need to integrate renewable energy sources (RES), enhance energy efficiency, and ensure environmental sustainability. The shift towards low-carbon development is accompanied by the advancement of innovative energy management technologies, such as Smart Grid, which combines automation, intelligent control, and decentralisation. As the global energy demand continues to rise, ensuring grid stability and security has become a top priority. This requires energy networks to be resilient to fluctuations in supply and demand and capable of adapting to emerging challenges, including the growing reliance on intermittent renewable energy sources and the risks posed by natural disasters or technical failures.

The rapid expansion of renewable energy, particularly solar and wind power, introduces new challenges for energy grids. Unlike traditional fossil fuel power plants, renewable sources are inherently variable and dependent on weather conditions, leading to fluctuations in electricity generation. This unpredictability complicates grid balancing and, if not properly managed, can result in regional blackouts or inefficiencies in power distribution.

Another significant issue is the lower capacity factor of some RES compared to conventional power plants, which affects overall energy output and economic feasibility. Additionally, existing grids were designed initially for centralised power generation, making integrating distributed energy resources a complex task. These grids struggle to efficiently accommodate decentralised energy generation and storage systems without proper modernisation.

The technical limitations of the current transmission infrastructure also pose significant challenges. Many existing power lines and substations require substantial upgrades to handle the bidirectional power flows characteristic of renewable energy systems. The cost of these upgrades, combined with regulatory hurdles and public resistance to new infrastructure projects, can slow the transition to renewable energy sources.

Implementing Smart Grid technology has emerged as a key solution to address these challenges. A Smart Grid is an advanced energy infrastructure that leverages digital communication, automation, and artificial intelligence (AI) to optimise real-time electricity generation, distribution, and consumption. This technology allows for better demand-side management, improved fault detection, and enhanced integration of renewable energy sources.

One of the primary advantages of a Smart Grid is its ability to facilitate two-way communication between energy producers and consumers. Traditional grids operate one-directionally, where electricity flows from power plants to end-users. In contrast, Smart Grids enable dynamic interactions, allowing consumers with rooftop solar panels or home energy storage systems to supply surplus electricity back to the grid. This enhances overall grid stability and reduces reliance on fossil fuel-based backup power.

Additionally, Smart Grids employ advanced monitoring and control mechanisms to optimise energy flows. Sensors, smart meters, and AI-driven analytics help predict and respond to fluctuations in supply and demand. For instance, predictive maintenance can identify potential equipment failures before they occur, reducing downtime and operational costs. Similarly, automated demand response systems adjust energy consumption patterns based on grid conditions, improving efficiency and preventing overloads during peak hours.

The implementation of Smart Grid technology also enables sophisticated power quality management. Advanced power electronics and real-time monitoring systems can detect and correct power quality issues such as voltage fluctuations, harmonics, and frequency deviations. This

capability is significant for sensitive industrial processes and electronic equipment that require stable, high-quality power supply.

Energy security is a critical concern, particularly as power grids face increasing threats from cyberattacks, extreme weather events, and technical failures. Smart Grid technology strengthens grid resilience by incorporating decentralised energy storage systems, such as batteries and pumped hydro storage, which help maintain a stable power supply even during disruptions.

Moreover, microgrids—small, self-sufficient energy networks—are integral to Smart Grid development. These localised grids can operate independently from the leading power network during emergencies, ensuring reliable electricity supply to critical infrastructure such as hospitals, emergency services, and industrial facilities. Deploying microgrids enhances energy autonomy, particularly in remote or rural areas where grid connectivity may be unreliable.

From an efficiency standpoint, Smart Grids significantly reduce transmission losses and improve the overall performance of energy networks. Traditional grids often experience substantial energy losses due to outdated infrastructure and inefficient distribution methods. By integrating real-time data analysis and automated controls, Smart Grids minimise waste and optimise energy distribution, ultimately lowering costs for utilities and consumers.

Implementing advanced metering infrastructure (AMI) within Smart Grids provides unprecedented visibility into energy consumption patterns. This detailed data enables utilities to optimise network operations and implement more sophisticated pricing strategies, such as time-of-use rates and dynamic pricing, encouraging efficient energy use and reducing peak demand.

The continued advancement of Smart Grid technology is expected to play a crucial role in shaping the future of energy systems. Research and development efforts focus on enhancing grid flexibility, integrating more sophisticated AI-driven management tools, and expanding the capabilities of distributed energy resources.

Advanced computational methodologies revolutionise grid management capabilities, including distributed computing architectures and neural network-based optimisation algorithms. These sophisticated systems employ multi-agent frameworks for decentralised decision-making, enabling autonomous grid operation through hierarchical control structures. Implementing quantum computing algorithms for power flow optimisation and state estimation presents promising opportunities for handling the increasing complexity of modern power systems. Furthermore, advanced probabilistic methods and stochastic optimisation techniques are being developed to address the uncertainties associated with renewable energy integration and dynamic load variations.

Integrating Smart Grid technology represents a fundamental step towards a more efficient, secure, and sustainable energy future. Smart Grids address many challenges associated with the modern energy landscape by enabling real-time energy management, enhancing grid resilience, and optimising renewable energy integration. Continued innovation and investment in this field will be essential for achieving long-term energy sustainability and reducing dependence on fossil fuels. As Smart Grid technology evolves, its potential to revolutionise how energy is generated, distributed, and consumed will continue growing, paving the way for a more innovative and reliable global energy network.

The success of Smart Grid implementation will depend not only on technological advancement but also on effective collaboration between utilities, regulators, technology providers, and consumers. As we move forward, the focus must remain on developing technically robust and economically achievable solutions while ensuring that the benefits of Smart Grid technology are accessible to all members of society.

References

1. Volodymyr Pavlenko, Ihor Ponomarenko, Oksana Morhulets, Dmytro Ponomarenko and Maryna Melnyk. Blockchain and AI for Smart Cities Energy Systems. IEEE 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENERGY SMART SYSTEMS (ESS). Kyiv, Ukraine, October 29-31, 2024.
2. Pavlenko V., Volianyk O., Ponomarenko I., Danylchenko D. Research of the prospects for the development of smart energy systems technology using distributed databases // Energetics and Automation. 2024. №5. URL: <https://www.journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/article/view/51318>.

RESEARCH OF TECHNICAL SOLUTIONS FOR CYBERSECURITY OF POWER SYSTEMS WITH INTEGRATED RENEWABLE ENERGY SOURCES

¹ Pavlenko V., ² Volianyk O.

¹ National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

² Kyiv National University of Technologies and Design

The energy infrastructure now is facing new challenges due to integrating renewable energy sources, the decarbonisation of the economy, and the need to ensure a stable electricity supply. As cyber-physical systems (CPS) become more prevalent in the energy sector, they introduce additional vulnerabilities to cyber threats. These threats pose the risk of financial losses and threaten the smooth operation of critical energy infrastructure. In this context, safeguarding energy systems from cyberattacks has become an urgent priority, especially as digitalisation continues transforming the energy landscape.

Numerous risks accompany the integration of CPS into modern energy systems. Existing security protocols do not always meet the requirements of the dynamic cyber environment, making it challenging to implement new technologies. Third, the high cost of integrating protective technologies and adapting them to existing systems poses a significant barrier to adopting solutions in the industry. Finally, insufficient development of real-time forecasting tools limits the ability to detect and prevent attacks promptly.

The most common types of cyberattacks faced by modern cyber-physical energy systems and effective protection methods are shown in Table 1.

Table 1 - Common Types of Cyberattacks on Cyber-Physical Energy Systems

Attack Type	Description Protection	Method Common	Vulnerabilities
DoS/DDoS	Overloading the network with many requests and blocking services	Implementation of IDS/IPS systems to detect and block attacks	Unsecured network infrastructure and inadequate traffic filtering
FDI (False Data Injection)	Injecting false data into control systems leads to incorrect decisions	Machine learning algorithms are used to detect anomalies in data	Lack of data validation and anomaly detection systems
SQL Injection	Exploiting vulnerabilities in databases for unauthorised access or data modification	Use of prepared statements, Object-Relational Mapping, and encryption	SQL vulnerabilities, improper input validation, and insecure database access
Replay	Reusing recorded data to create the illusion of regular system operation	Real-time data synchronisation using Phasor Measurement Units	Lack of data timestamping and session management
Man-in-the-middle	Intercepting data between two parties for manipulation or unauthorised access	Data encryption and use of SSL/TLS certificates for secure communications	Weak encryption protocols and improper certificate handling
Phishing	Social engineering to gain confidential information (passwords, access)	Employee training and use of anti-phishing solutions	Lack of security awareness and poor access control practices
Malware	Introduction of malicious software to disrupt system operations or steal data	Use of antivirus programs and regular system updates	Insufficient endpoint protection and outdated software

A multi-layered approach incorporating technical, organisational, and software measures is essential to enhance the cybersecurity of power systems. A promising area is adopting next-generation SCADA systems with protective modules such as encryption, multi-factor authentication, and advanced intrusion detection systems (IDS). Integrating Phasor Measurement Units (PMUs) ensures microsecond data synchronisation, providing better visibility and faster emergency response.

Implementing multi-agent systems with blockchain protection enhances resilience by reducing the risk of data compromise and enabling rapid recovery after attacks. Machine learning algorithms for monitoring reduce false positives by 30% compared to traditional detection systems. Integrating PMUs reduces emergency response time by 15% by providing precise, synchronised data, allowing faster actions in critical situations.

Adopting cybersecurity standards like ISO 27001 boosts the credibility of energy systems, attracting investment for infrastructure development. Training systems that simulate risks help operators develop the necessary skills to maintain stability during crises.

Ensuring cybersecurity in energy systems is crucial for Smart Grid development. Future research should focus on creating adaptive management systems, implementing artificial intelligence for automated monitoring, and developing scalable solutions for integrating decentralised systems into national grids. Studying the impact of cybersecurity on large energy systems, especially during mass failures caused by attacks on decentralised elements, is important. Researching energy storage systems' integration into cyber-physical networks will improve stability during peak periods. Long-term, developing international standards for unifying cybersecurity approaches for critical infrastructure is essential.

Developing cybersecurity technologies will ensure power grid stability, enhance efficiency, and create the foundation for sustainable energy development. The growing dependence on interconnected cyber-physical systems increases the attack surface. As renewable energy sources like wind and solar power are integrated, managing decentralised generation has become more complex, requiring sophisticated security methods to protect data exchanged between generation sites, storage systems, and grid operators.

For instance, IoT devices in wind farms and solar arrays can become entry points for attackers if not secured. Energy storage systems, crucial for balancing supply and demand, are also vulnerable to cyber threats leading to cascading outages. Communication infrastructure within Smart Grids is especially vulnerable as more sensitive data is transferred, requiring robust encryption and authentication measures.

AI and machine learning are crucial for identifying and mitigating cyber threats. Machine learning models can detect abnormal patterns and trigger automated responses, preventing widespread damage. AI can also monitor system behaviour, predict vulnerabilities, and help energy providers take preventive measures. Blockchain technology secures energy systems by providing a decentralised ledger that records all transactions, making it difficult for hackers to alter data without detection. Blockchain ensures transparency and trust, particularly in decentralised networks and renewable energy markets. For instance, it could track the ownership and origin of renewable energy certificates, offering a verifiable history of energy production and facilitating the integration of distributed energy resources (DERs).

The future of energy systems lies in integrating renewable sources, smart grids, and advanced cybersecurity technologies. Implementing solutions like machine learning, blockchain, and next-generation SCADA systems will significantly strengthen energy systems' resilience to cyber threats, ensuring stability, efficiency, and sustainability in the energy sector.

References

1. Pavlenko V., Volianyk O., Ponomarenko I., Danylchenko D. Research of the prospects for the development of smart energy systems technology using distributed databases // *Energetics and Automation*. 2024. №5. URL: <https://www.journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/article/view/51318>.
2. Darlington, Eze, Ekechukwu., Peter, Simpa. (2024). 1. The future of Cybersecurity in renewable energy systems: A review, identifying challenges and proposing strategic solutions. *Computer science & IT research journal*.

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ ПРАЛЬНОЇ МАШИНИ

Жувака Є.Е., Тимошук О. Г.

Хмельницький національний університет

Побутові автоматичні пральні машини типу ПМА призначені для прання різноманітної білизни за встановленими програмами. Прання, замочування та полоскання здійснюються механічно-фізичним перемішуванням білизни, що відбуваються в перфорованому барабані у пральному розчині. Віджим білизни здійснюється центрифугуванням у тому ж барабані. Автоматичні пральні машини принципово відрізняються від існуючих типів за конструкцією й складністю електричних систем керування, в яких широко застосовуються елементи автоматики. Процеси прання в цих машинах повністю автоматизовані: заливання визначеного об'єму води та зливання для всіх операцій, введення і дозування мийних засобів, замочування, прання з нагріванням води з білизною в барабані пральної машини до заданої температури, полоскання й віджим. Різноманітний набір програм дозволяє прати білизну різного ступеня забруднення, міцності із тканин різної хімічної структури, якісно й не знижуючи ступеня зношування.

В загальному випадку проектування системи керування полягає в тому, щоб на основі аналізу стану об'єкту керування визначити значення змінних керування, реалізація яких дозволяє забезпечити бажану поведінку або стан об'єкту керування. Для багатьох випадків, пов'язаних з керуванням технологічними процесами, необхідна побудова моделі розглянутого процесу. Знання моделі дозволяє підібрати відповідний регулятор керування. Але найчастіше побудова коректної моделі є значною проблемою, яка вимагає введення різних спрощень. Застосування теорії нечітких множин для керування технологічними процесами не вимагає досконалого знання варіантів моделей цих процесів. Достатньо тільки сформулювати правила поведінки у формі нечітких умовних суджень.

Важливим етапом розробки системи керування із нечітким регулятором є моделювання контура регулювання. На сьогодні пропонуються різні програми для моделювання, що дозволяють проводити розробку та тестування нечітких блоків. Деякі з них дають можливість інтегрувати модель нечіткого регулятора до загальної моделі системи керування та дослідити роботу системи в цілому, інші дозволяють лише перевірити роботу нечіткого блока окремо від системи керування, до якої він інтегрується, при різних значеннях вхідних величин. Значна кількість розробників користується при моделюванні програмним пакетом MATLAB та програмою для моделювання Simulink, що входить до його складу. Simulink дає можливість створювати реальні математичні моделі систем керування та досліджувати їх функціонування.

Для моделювання нечітких блоків в програмному пакеті MATLAB/Simulink було зроблено Fuzzy Logic Toolbox, що є набором функцій, створених у числовому обчислювальному середовищі MATLAB. Fuzzy Logic Toolbox містить в собі засоби створення та редагування нечітких блоків в межах структури MATLAB.

Актуальним питанням стало удосконалення сучасних систем автоматичного керування двигунами змінного струму, що широко застосовуються для побутових автоматичних пральних машин. Значну роль у електроприводах відіграє універсальний колекторний двигун (УКД), що має досить м'яку механічну характеристику і дозволяє регулювати частоту обертання у широких діапазонах. Застосування сучасної мікропроцесорної техніки у САК робить її краще якіснішою та економічною. Тому завданням на наступну роботу було створення сучасної мікроконтролерної САК УКД для автоматичної пральної машини.

Проведені випробовування мікроконтролерної системи автоматичного керування колекторного двигуна пральної машини показали, що система в цілому є досить гнучкою при

регулюванні частоти обертання і стабільною у роботі. Ведеться подальша робота у вдосконаленні створеної САК УКД на програмному рівні. В майбутньому планується використувати створену програму роботи системи автоматичного керування для конкретної інтелектуальної роботи електроприводу та пральної машини.

Перелік джерел посилання

1. Системи керування електробудовними приладами : навч. посіб. / А. О. Лозинський, Б. Л. Копчак, В. В. Бушер; Нац. ун-т "Львів. політехніка", Одес. нац. політехн. ун-т. - Л., 2010. - 301 с.
2. Кононюк А.Ю. Нейроні мережі і генетичні алгоритми – К.:«Корнійчук», 2008. – 446 с.
3. Булашенко А. В. Інформатика: конспект лекцій у чотирьох частинах. – Частина 4: Обробка інженерної інформації за допомогою математичного пакета MathCAD / А. В. Булашенко. – Суми: Вид-во СумДУ, 2010 – 123 с.

ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ГАЛУЗІ

¹Боровик Н.В., ²Боровик Д.О., ²Горященко С.Л.

¹Державний навчальний заклад «Лісоводський професійний аграрний ліцей»

²Хмельницький національний університет

Сучасний світ все більше залежить від електроенергії. Тому забезпечення високої якості електропостачання є одним з ключових завдань енергетичної галузі. Оцінка якості електроенергії – це комплексний процес, який дозволяє виявити проблеми, проаналізувати їх причини та розробити заходи для їх усунення.

Системи підтримки прийняття рішень (СППР) - це потужні інструменти для аналізу даних про якість електроенергії та розробки оптимальних рішень. Вони дозволяють: - Візуалізувати дані: відображати великі обсяги даних у зручному для сприйняття вигляді. - Виявляти проблеми: виявляти відхилення від нормальних значень показників якості. - Прогнозувати розвиток ситуації: передбачити можливі наслідки різних рішень. - Давати рекомендації: пропонувати найкращий курс дій для покращення якості електроенергії. Незважаючи на технологічний прогрес, роль людини в оцінці якості електроенергії залишається важливою. Фахівці в галузі енергетики повинні аналізувати результати, приймати остаточне рішення і нести відповідальність за результат. У майбутньому очікується подальший розвиток систем оцінки якості електроенергії. Нові технології, такі як блокчейн і квантові обчислення, відкривають нові можливості для підвищення надійності та безпеки електроенергетичної системи. Переваги використання систем підтримки прийняття рішень:

- швидкість аналізу даних: автоматичний аналіз великих обсягів даних дозволяє швидко виявляти проблеми та приймати рішення;
- точність прогнозів: методи машинного навчання підвищують точність прогнозів якості електроенергії;
- оптимізація ресурсів: прийняття обґрунтованих рішень забезпечує ефективне використання ресурсів мережі;
- підвищення надійності: своєчасне виявлення та усунення потенційних проблем знижує ризик виникнення інцидентів.

Основні економічні аспекти, які слід враховувати при оцінці якості електропостачання, це: витрати на ремонт та заміну обладнання: низька якість електроенергії може призвести до передчасного виходу з ладу побутової техніки, промислового обладнання тощо; витрати на енергозбереження: для зменшення впливу низької якості електроенергії на енергоспоживання пошук та впровадження заходів

Крім того можуть бути штрафи за порушення якості електроенергії: енергетичні компанії можуть бути притягнуті до відповідальності, якщо вони не дотримуються стандартів якості електроенергії.

Виробничі втрати пов'язані зі зниження конкурентоспроможності через низьку якість електроенергії, що відштовхує інвесторів та споживачів

Соціальні витрати виникають при зниженні якості життя населення через відключення електроенергії

Методи економічної оцінки передбачає розрахунок економічних збитків: оцінка прямих і непрямих витрат, пов'язаних зі зниженням якості електроенергії. Аналіз витрат і вигод: порівняння витрат та очікуваних економічних вигод від покращення якості електроенергії. Використання обладнання: оцінка ефективності використання обладнання в умовах низької якості електроенергії.

Для ефективно оцінки якості електроенергії та прийняття обґрунтованих рішень використовуються спеціалізовані програмні системи. Такі системи можуть: збирати та зберігати дані про якість електроенергії з різних джерел. Аналізувати дані за допомогою стати-

стичних методів та моделей машинного навчання та візуалізувати результати аналізу в легкій для сприйняття формі. Зазначені системи також можуть: прогнозувати якість електроенергії на основі історичних даних; розробляти заходи для покращення якості електроенергії; робити прийняття рішень на основі оцінок якості електроенергії.

Результати оцінок якості електроенергії використовуються для прийняття рішень щодо оптимізації режимів роботи енергосистеми для забезпечення високої якості електроенергії.

В результаті дослідження можна:

- підвищити надійність та якість електропостачання;
- підвищити задоволеність споживачів; - зменшити економічні втрати через відключення електроенергії;
- сприяти розвитку енергетичного сектору.

Таким чином, дослідження методів прийняття рішень щодо оцінки якості електропостачання є актуальним і важливим для забезпечення сталого розвитку енергетичної системи, що сприятливо відобразиться на економічних показниках та зробить інвестиції в розвиток енергетичної інфраструктури привабливими.

Перелік джерел посилання

1. Мірошник О.О. Моделі та методи підтримки прийняття рішень в системі керування якістю процесу розподілу електричної енергії. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. (2015) URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/352bf5d1-5a72-49e1-afde-39336d268e46/content>
2. Оцінка ризиків при інтеграції відновлюваних джерел енергії до системи електропостачання/ В.А. Степаненко, А.І. Замулко, Ю.А. Веремійчук, В.Ф. Находов // Енергетика: економіка, технології, екологія. 2022.No 2. 2 (2022): с. 64-74 URL: <http://energy.kpi.ua/article/view/261372>
3. Кареева Н.В., Войтно С.В., Сорокіна Л.В. Ризик-менеджмент сталого розвитку енергетики: інформаційна підтримка прийняття рішень: навчальний посібник/ Н.В. Кареева, С.В. Войтно, Л.В. Сорокіна. – К.: Альфа Реклама, 2013. – 308 с.
4. Мірошник О. О. Аналіз методів оцінки якості електричної енергії в розподільних мережах в умовах невизначеності. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства, Вип. 175 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». 2016. С. 14-16.

TECHNOLOGICAL INTEGRATION OF STIRLING ENGINES IN FUEL BOILERS AS THE BASIS FOR HIGH PERFORMING MICRO-CHP WITH LOW EMISSIONS¹ Nikitin Ye., ¹ Pavlenko V., ² Volianyk O.¹ *National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*² *Kyiv National University of Technologies and Design*

Modern energy systems face many challenges that demand creative, sustainable solutions. We know the need to shift to renewable energy sources, better use our resources, and protect the environment for future generations. One of the most exciting developments in this field is the rise of local micro-CHP (combined heat and power) systems. These systems are designed to generate heat and electricity simultaneously, offering an innovative solution to our energy needs while reducing dependence on large, centralised power grids and fossil fuels.

At the heart of these micro-CHP systems is the innovative use of granular pellets as fuel. These pellets, made from renewable biomass, offer a twofold advantage: they help cut carbon dioxide emissions and boost the energy independence of local installations – whether that is a private home, a remote cottage, or a small industrial facility. Imagine a small community or even an individual household that no longer worries about unreliable power or high energy costs because it uses a system that turns locally sourced, renewable fuel into heat and electricity. It is essential in rural or isolated areas where traditional energy infrastructures might be lacking or outdated [1].

The story gets even more interesting when we look at European energy trends. In countries like Germany and Italy, there has been a significant move towards decentralised energy production. Individuals and local farmers now generate more than half of the renewable energy in these regions. This trend speaks volumes about the growing importance of community-based energy solutions. [2] When local energy systems like micro-CHP become more efficient and widespread, they do not just reduce the reliance on fossil fuels – they empower communities, offering them a stake in the future of energy.

A particularly groundbreaking aspect of these micro-CHP systems is integrating a Stirling engine into a conventional fuel boiler. Unlike more common internal combustion engines, the Stirling engine operates on an external combustion process. This means that it uses heat from an external source to expand and compress a working gas, efficiently turning that thermal energy into mechanical work. The Stirling engine is celebrated for its high efficiency, quiet operation, and low emissions. Its design, with fewer moving parts and the ability to work with various fuels, makes it an excellent match for renewable energy applications.

Engineers have introduced a state-of-the-art heat exchanger that uses microchannel technology to make this system even more effective. The heat exchanger has a network of very small channels that allow heat to be transferred rapidly and evenly, reducing any energy loss. What is clever about the design is that part of the Stirling engine is located inside the combustion chamber of the fuel boiler. This compact design helps reduce the system's physical footprint and production costs – a win-win for anyone looking to implement such a solution in a home or small business.

The automated pellet feeding mechanism is another innovation that makes these systems stand out. By automating the fuel supply, the system ensures that there is always a steady stream of pellets available, which is crucial for maintaining a constant and efficient combustion process. The system also carefully regulates the amount of primary and secondary air entering the combustion chamber. This control ensures that the fuel burns at the optimal rate, maximising efficiency and minimising emissions. Combining these features makes it possible to get a micro-CHP system that is technically impressive, environmentally friendly, and economically viable [3].

Electricity generation in these systems is optimised using a permanent magnet generator. This type of generator is known for its excellent efficiency, turning mechanical energy from the Stirling engine into electrical energy with very little loss. An advanced control system ensures that

the power output is steady and reliable. This system carefully monitors and adjusts the engine speed and output current, making the electricity produced stable and high quality. Thanks to these technological advances, the system's overall thermal efficiency reaches about 90%. Although the current electrical efficiency is around 10%, there is real potential to push this up to 15% with further improvements – especially by using helium as the working gas, which can boost the heat transfer within the engine.

The practical benefits of this technology are impressive. The integrated micro-CHP system can deliver around 1 kW of electrical and 5 kW of thermal energy. This balanced output makes it an attractive option for many applications, from powering a small home to providing energy for remote communities. The economic advantages are correspondingly transparent: biomass pellets are relatively inexpensive, and the automation of the fuel supply system drives down operating costs. Plus, the system is flexible enough to work independently or be connected to existing power networks. It means that it can serve as a standalone solution in off-grid areas or enhance the reliability of energy supply in urban environments.

Environmental benefits also play an important role in the appeal of micro-CHP systems with integrated Stirling engines. These systems significantly reduce harmful emissions and the overall carbon footprint by optimising the combustion process and using renewable biomass pellets. Cleaner air, lower greenhouse gas emissions, and a reduced environmental impact are all outcomes of this efficient energy conversion process. This technology offers a promising path forward for communities striving to meet strict environmental standards and combat climate change.

Hybrid systems are another exciting prospect. Combining micro-CHP with other renewable energy sources like solar panels or geothermal systems makes it possible to create integrated energy solutions that can adapt to varying energy demands. Imagine a small community that uses a blend of solar, geothermal, and micro-CHP energy with battery storage systems to manage peak load times. This setup would be extremely resilient and provide a steady, reliable power supply regardless of external conditions.

Battery storage is particularly crucial when considering the fluctuating nature of renewable energy. By storing excess energy generated during periods of low demand, batteries can help ensure that there is always enough power available during peak times. This feature is especially beneficial in remote or off-grid areas, where access to centralised power is either limited or non-existent. With reliable energy storage, these micro-CHP systems can operate seamlessly, ensuring that homes and businesses remain powered even when traditional grids fail.

Integrating micro-CHP systems with Stirling engines marks a significant leap forward in local energy technology. It is not just about efficiency and cost-effectiveness; it is also about creating energy solutions that are sustainable, resilient, and adaptable to the needs of modern society. As this technology continues to evolve, it promises to play a critical role in transitioning toward a cleaner, more decentralised energy landscape. With each new advancement, we move closer to a future where communities are energy-independent and active contributors to the global effort against climate change.

In conclusion, developing a micro-CHP system that incorporates a fuel boiler with an integrated Stirling engine represents a significant breakthrough in energy technology. This innovative system combines the efficient use of renewable biomass pellets with the advanced mechanics of the Stirling engine, resulting in a powerful and environmentally friendly solution. With a thermal efficiency of around 90% and promising improvements in electrical efficiency, the technology offers a balanced and cost-effective approach to local energy generation. Whether used in rural settings, urban homes, or even industrial applications, these systems are poised to revolutionise how we think about and use energy. As we continue to refine the technology and bring down production costs, the potential for widespread adoption grows ever larger, promising a future where sustainable energy is available to all, regardless of location or circumstance.

References

1. Just Transition and Renewable Energy: A Business Brief | UN Global Compact. (2023). <https://unglobalcompact.org/library/6143>
2. Shunming Zhu, Guoyao Yu, K. Liang, W. Dai, & E. Luo. (2021). A review of Stirling-engine-based combined heat and power technology. *Applied Energy*. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2021.116965>
3. G. P. Hammond & Adam A. Titley. (2022). Small-Scale Combined Heat and Power Systems: The Prospects for a Distributed Micro-Generator in the 'Net-Zero' Transition within the UK. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en15166049>

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, ОСВІТА ТА СУЧАСНІСТЬ

Гомолач М.М., Богоявленська Ю. В.

Державний університет «Житомирська політехніка»

Освіта завжди була одним із ключових факторів розвитку людської цивілізації. Кожна науково-технічна революція змушувала освітян переглядати традиційні методи навчання, адаптуватися до нових умов і впроваджувати інновації. Сьогодні ми перебуваємо у періоді глобальних змін, викликаних стрімким розвитком штучного інтелекту (ШІ). Запуск у листопаді 2022 року великої мовної моделі ChatGPT, створеної компанією OpenAI, став знаковою подією, що назавжди змінила підходи до освіти, праці та суспільного розвитку.

Фахівці одразу заговорили про потенційні переваги та загрози впровадження ШІ в освітній процес. У наукових колах активно обговорюється питання, як саме інтегрувати нові технології в навчальний процес і які виклики це може створити для викладачів і студентів. Однак, щоб зрозуміти масштаб цих змін, варто поглибитися в деталі та розглянути, як саме ШІ впливає на освіту, ринок праці та майбутнє суспільства.

Сьогодні вже очевидно, що штучний інтелект перестав бути просто технологічною забавкою, а перетворився на потужний інструмент, який змінює парадигму навчання. Поширення мовних моделей і генеративного штучного інтелекту зумовило стрімке зростання кількості публікацій, присвячених використанню ШІ в освіті. Науковці та практики аналізують можливі сценарії використання таких технологій та їхній вплив на академічну доброчесність, оцінювання знань та підготовку кадрів.

Спершу ChatGPT сприймався як допоміжний засіб, який може полегшити пошук інформації або створення навчальних матеріалів. Однак швидкість його еволюції змусила переглянути цю думку. Вже у 2023 році стало зрозуміло, що штучний інтелект здатен не лише надавати інформацію, а й замінювати базові функції початкового рівня фахівців у різних сферах. Це викликало занепокоєння серед освітян, адже з'явилася реальна загроза для багатьох традиційних професій.

Важливим аспектом впливу ШІ на освіту є його здатність автоматизувати процеси навчання та оцінювання. Наприклад, генеративні моделі можуть адаптивно підлаштовувати навчальний матеріал під індивідуальні потреби студента, аналізувати помилки та надавати персоналізовані рекомендації. Це відкриває нові можливості для персоналізації освіти, що є ключовим у світі, де кожен учень має свої унікальні потреби та темп навчання.

Однак існують і ризики. Наприклад, надмірна залежність від ШІ може призвести до втрати критичного мислення у студентів. Якщо вони будуть покладатися на готові відповіді, які надає штучний інтелект, це може обмежити їхню здатність до самостійного аналізу та творчого підходу до вирішення проблем.

Швидкий розвиток ШІ вже сьогодні має значний вплив на світову економіку. Фінансові показники галузі підтверджують це: капіталізація компанії NVIDIA, яка є лідером у сфері розробки штучного інтелекту та графічних процесорів, зросла з 145 мільярдів доларів у 2020 році до 3,2 трильйона доларів у червні 2024 року. Це свідчить про надзвичайний рівень інвестицій у розвиток штучного інтелекту та відповідний інтерес з боку компаній.

Вплив ШІ на ринок праці вже помітний у технологічному секторі. У першому кварталі 2024 року понад 270 технологічних компаній звільнили понад 75 тисяч працівників через автоматизацію та інтеграцію ШІ-рішень у бізнес-процеси. У 2023 році технологічна галузь втратила 240 тисяч робочих місць. Великі корпорації все частіше покладаються на ШІ, оптимізуючи витрати на персонал.

Одним із найяскравіших прикладів є компанія SAP, яка оголосила про реструктуризацію 8 тисяч робочих місць та інвестувала 2,2 мільярда доларів у розвиток штучного інтелекту. Це демонструє загальну тенденцію скорочення робочих місць та зміну підходів до організації праці.

Однак не варто думати, що ШІ повністю замінить людей. Навпаки, він створює нові можливості для тих, хто готовий адаптуватися до змін. Наприклад, зростає попит на фахівців, які можуть працювати зі штучним інтелектом, розробляти алгоритми, аналізувати дані та інтегрувати ШІ-рішення в бізнес-процеси.

Незважаючи на всі переваги, з якими приходять ШІ, освіта опинилася перед серйозним викликом: як підготувати студентів до реальності, в якій штучний інтелект може виконувати значну частину завдань замість людей? Сьогодні вже недостатньо навчати студентів лише традиційним навичкам. Важливо формувати здатність до адаптації, креативного мислення та співпраці з технологіями. Викладачам слід переосмислити роль штучного інтелекту в навчальному процесі: якщо раніше він вважався лише допоміжним інструментом, то тепер він стає повноцінним учасником освітнього процесу.

Щоб освіта залишалася актуальною, необхідно інтегрувати ШІ в навчальні програми не лише як окрему дисципліну, а й як інструмент для підвищення ефективності викладання та навчання. Особливу увагу варто приділити використанню ШІ для персоналізованого навчання та автоматизованого оцінювання знань. При цьому штучний інтелект може аналізувати успішність кожного студента, визначати слабкі сторони та пропонувати індивідуальні завдання для покращення результатів. Не менш важливим є формування нових компетенцій, орієнтованих на роботу зі штучним інтелектом - студенти повинні вчитися не лише використовувати ШІ, а й розуміти принципи його роботи, щоб бути готовими до майбутніх змін. Особливу увагу слід приділити розвитку міждисциплінарних навичок, які не можуть бути автоматизовані, таких як креативність, емоційний інтелект та критичне мислення, які залишаються актуальними незалежно від технологічного прогресу. Важливим є також впровадження курсів із критичного мислення та аналізу ШІ-згенерованої інформації, адже студенти повинні вміти оцінювати достовірність інформації, яку надає ШІ, та розуміти її обмеження.

Штучний інтелект є не просто технологічною новинкою, а фундаментальною зміною в усіх сферах людської діяльності, включно з освітою. Його розвиток відбувається набагато швидше, ніж зміни в освітніх програмах, що ставить перед суспільством серйозні виклики.

Щоб забезпечити конкурентоспроможність випускників на ринку праці, освітня система має адаптуватися до нових умов. Підготовка майбутніх фахівців повинна включати не тільки знання з конкретних дисциплін, а й навички роботи з ШІ, розуміння його можливостей і обмежень.

Якщо не вжити необхідних заходів уже сьогодні, система освіти ризикує не встигнути за технологічним прогресом, що може призвести до кризи підготовки кадрів у найближчому майбутньому. Тому головне завдання освітян – інтегрувати штучний інтелект у навчальний процес так, щоб він став не конкурентом, а ефективним інструментом для розвитку нових поколінь.

Штучний інтелект – це не загроза, а можливість. І саме від нас залежить, як ми цю можливість використаємо.

Перелік джерел посилання

1. Використання чату GPT в освіті: переваги та недоліки. Інформаційно-комунікаційні технології в освіті. УДК 378.147. URL:http://innovpedagogy.od.ua/archives/2024/69/part_1/48.pdf
2. Павленко В. М. Застосування інформаційно-комунікаційних технологій під час викладання технічних спеціальностей / В. М. Павленко, А. П. Волівач // Інтеграція науки і освіти: розвиток культурних і креативних індустрій : збірник наукових праць за результатами Всеукраїнської конференції, м. Київ, 10 травня 2022 р. / за ред. А. М. Вергун та ін. – Київ : КНУТД, 2022. – С. 255-257.
3. Statsenko V. V., Pavlenko V. M., Pylypenko V. I. CHOISE PROBLEM IN LEARNING MANAGEMENT SYSTEMS. Digital transformation and technologies for the sustainable development all branches of modern education, science and practice. Łomża: MANS w Łomży, 2023. 125–129

Збірник наукових праць

ТЕХНІЧНА ТВОРЧІСТЬ

Відповідальний за випуск:
Поліщук О.С.

Здано до друку 16.12. 2024 р.
Гарнітура Times New Roman, Arial. Умовн. друк. арк. 3.34