Міністерство освіти і науки України

NURE

Харківський національний університет радіоелектроніки

ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2023

(Випуск 2)

[електронне видання]

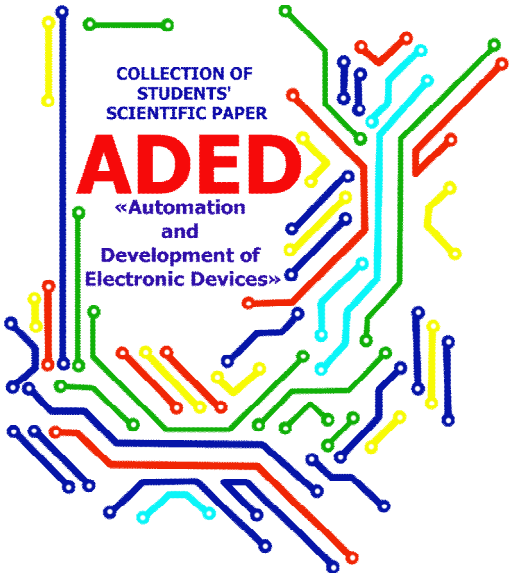
http://nure.ua/department/kafedra-komp-yuterno-integrovanih-tehnologiy-avtomatizatsiyi-ta-mehatroniki-kitam

http://itez.zntu.edu.ua/

http://kafea.kdu.edu.ua

Харків 2023

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки
(КІТАР)



ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2023

(Випуск 2)

[електронне видання]

Харків 2023

Головний редактор **Невлюдов Ігор Шакирович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Редакційна колегія: **Филипенко Олександр Іванович**, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Цимбал Олександр Михайлович, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Андрусевич Анатолій Олександрович, доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу національного авіаційного університету

Косенко Віктор Васильович, доктор технічних наук, професор, зам. директора Державного підприємство «Південний державний проектно- конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості».

Замірець Микола Васильович, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування.

Свищ Володимир Митрофанович, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар».

Фомовська Олена Владиславівна, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.

Кухаренко Дмитро Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Демська Наталія Павлівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Фурманова Наталія Іванівна, кандидат технічних наук, доцент, в.о. декана факультета Радіоелектроніки і телекомунікацій, Національного університету «Запорізька політехніка».

Відповідальний редактор: **Євсєєв Владислав В'ячеславович,** доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Автоматизація та Приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2023) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – Вип. 2. – 386с.

Collection of Students' Scientific Paper «Automation and Development Of Electronic Devices» ADED-2023 Part 2 (Key infrastructure 2023) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National Universitety of Radio Elektronics [electronic edition], 2023. – 386p with.

Рекомендовано рішенням
Науково-технічної ради
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол №6 від 29.11.2018

Рекомендовано рішенням Вченої ради
факультету Автоматики і комп'ютеризованих технологій
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол № 6 від 01.05.2023

Збірник містить наукові статті здобувачів першого (бакалаврського), другого (магістерського) рівнів вищої освіти кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР) Харківського національного університету радіоелектроніки, кафедри Інформаційних технологій електронних засобів (ІТЕД) Запорізького національного технічного університету та кафедри Електронних апаратів (ЕА) Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського які навчаються за спеціальностями: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 172 Телекомунікації та радіотехніка, 171 Електроніка та 163 Біомедична інженерія. Статті надані в авторській редакції.

©ХНУРЕ, 2023 рік

УДК 004.422.834

АНАЛІЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО СВЕРДЛІННЯ У INDUSTRY 4.0

Ключник Євгенія Сергіївна
Харківський національний університет радіоелектроніки
Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14
Mail: yevheniia.kliuchnyk@nure.ua

Анотація: В статті поведено аналіз систем, що використовують операцію свердління, зокрема в епоху Industry 4.0. Свердління на станках с ЧПУ має декілька кроків, серед яких підготовка файлу САПР, експорт проекту у формат файлу, сумісний із ЧПУ, а також налаштування свердлильного верстату, прикріпивши свердла з ЧПУ.

Ключові слова: свердління, Industry 4.0, числове програмне управління, автоматизація.

ANALYSIS OF AUTOMATED DRILLING SYSTEMS IN INDUSTRY 4.0

Klyuchnyk Yevheniya Serhiyivna
Kharkiv National University of Radio Electronics
Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14
Mail: yevheniia.kliuchnyk@nure.ua

Annotation: The article provides an analysis of systems using drilling operations, particularly in the era of Industry 4.0. CNC drilling involves several steps, including preparing a CAD file, exporting the design to a CNC-compatible file format, and setting up the drilling machine by attaching CNC drills..

***Keywords*:** drilling, Industry 4.0, numerical control, automation.

Свердління – найбільш поширена операція механічної обробки в обробній промисловості. Тому аналіз та вдосконалення цього процесу мають велике значення у підвищенні продуктивності та конкурентоспроможності, причому у багатьох існуючих дослідженнях повідомляється про оптимізацію та вдосконалення цього процесу. Існує безліч машин, що виконують операції свердління, включаючи спеціалізовані свердлильні верстати, верстати токарні, фрезерні верстати, обробні центри і машини спеціального призначення. Процес свердління широко та інтенсивно використовується в промисловості, на нього припадає більша частина загального часу та витрат на обробку. Тому свердління має значну економічну роль промисловості, де воно робить величезний внесок у виготовлення різних промислових деталей..

Процеси виготовлення отворів з використанням операцій свердління були в центрі уваги багатьох наукових досліджень, в яких було досягнуто великої кількості розробок та прогресу. Однак у міру розвитку технологій та впровадження нових інструментів та обладнання необхідні подальші дослідження для підвищення продуктивності та ефективності цієї важливої операції, яка становить основу діяльності у багатьох галузях промисловості. Наприклад, теплообмінники установок атомної енергетики вимагають до 16 000 отворів в одному теплообміннику для збирання з холодильними трубками. Інші приклади включають автомобільну промисловість, де процес свердління становить до 40% від загальної кількості матеріалу, що видаляється, або аерокосмічну промисловість, де для з'єднання різних частин фюзеляжу літака потрібні мільйони отворів [1]. Підраховано, що в одному крилі Airbus A380 потрібно 750 000 отворів, при цьому для типового комерційного літака потрібно 1,5–3 мільйони отворів. Крім того, для великих кораблів потрібно понад мільйон заклепок [9], де свердління є основним процесом. Тому правильний вибір верстатів та обладнання, ріжучого інструменту та параметрів має важливе значення для досягнення необхідної продуктивності,

точності розмірів та шорсткості поверхні. Згодом це допомагає галузям досягти успіху та покращити термін служби своєї продукції.

Деталі літака зазвичай виготовляються з композитного матеріалу, що складається з полімеру, армованого вуглецевим волокном, або вуглепластику та листів легких металів, таких як алюмінієві або титанові сплави. У цих деталях свердляться отвори, щоб їх можна було поєднати на наступних етапах складання [2].

Композитний матеріал з вуглепластика надзвичайно міцний, але просвердлювання його може призвести до поділу шарів в отворі, створюючи слабке місце, вразливе для циклів, що повторюються, підвищення тиску, а потім скидання тиску, яким часто піддається літак. . Ось чому потрібні належні методи, такі як одноразове свердління або OSD, щоб запобігти розшарування шарів та порушення структурної цілісності.

Операція свердління має вирішальне значення при складанні фюзеляжу через велику кількість отворів, необхідних для етапу клепки. Для виконання різних типів отворів необхідні різні типи свердлів, кожне з яких має свою мету і має вирішальне значення для загальних характеристик літака.

Як ручне свердління все ще актуальне, незважаючи на Industry 4.0.

Останні кілька десятиліть показали стійке зростання попиту літаки і жодних ознак його уповільнення. Фактично, у найближчі два десятиліття очікується збільшення парку літаків на 45% лише у Північній Америці.

Ось чому сьогоднішня аерокосмічна промисловість постійно шукає кращої виробничої системи, яка збалансує витрати, енергію, а також соціальні та екологічні наслідки. Сюди входять виробники, які намагаються повністю автоматизувати збирання фюзеляжу.

Значних успіхів було досягнуто в цифровізації аерокосмічної промисловості. Однак машини, як і раніше, не можуть зрівнятися зі спритністю та точністю ручного свердління. З іншого боку, повністю виключити ручне свердління неможливо, по крайнього заходу, у випадках. Таким чином, значення надійних ручних аерокосмічних тренажерів для авіаційного сектора не можна недооцінювати, незважаючи на неминучу автоматизацію внаслідок четвертої промислової революції [3].

Прагнучи скоротити розрив між ручними та автоматизованими свердлами, виробники інструментів створюють все розумніші ручні свердла. Ці вдосконалені інструменти здатні звести до мінімуму помилки оператора та значно покращити якість свердловини. З ними також простіше поводитися і вони безпечніші у використанні, що загалом підвищує продуктивність оператора.

Свердління з ЧПУ – це процес обробки, в якому використовується ріжучий інструмент, що обертається, для створення круглих отворів в нерухомій заготовці. Отвори зазвичай робляться для розміщення гвинтів або болтів при складанні. Однак їх можна використовувати в естетичних цілях, залежно від конструкції компонента (рис. 1).

Процес свердління з ЧПУ (рис. 2) аналогічний до багатьох інших операцій обробки з ЧПУ. До них відносяться:

– створення конструкції компонента у програмному забезпеченні CAD. першим кроком у виробництві деталі, що просвердлена на верстаті з ЧПУ, є створення її цифрового проекту в програмному забезпеченні САПР;

– перетворення проекту на машинні інструкції. як тільки проект компонента буде завершено, його необхідно перетворити на мову, зрозумілу пристрої ЧПУ. цей крок зазвичай вимагає запуску проекту САПР за допомогою програмного забезпечення CAM для створення машинного коду;

Рисунок 1 – Процес автоматизованого свердління

Рискунок 2 – Машина для свердління з ЧПУ

– завантаження інструкцій у верстат із ЧПУ. при завантаженні в станок з ЧПУ машинний код керує тим, як верстат з ЧПУ та інструменти будуть переміщатися і працювати протягом усього процесу свердління;

– налаштування верстата з ЧПУ. налаштування верстата з ЧПУ зазвичай включає встановлення відповідного свердла та закріплення заготовки;

– виконання операції буріння. після завантаження машинного коду та налаштування машини оператор може розпочати операцію свердління;

– оцінка компонента. після завершення операції свердління оператор перевіряє деталь на наявність помилок чи дефектів.

Порівняно з традиційними технологіями свердління верстати з ЧПУ мають ряд переваг, таких як:

– вища точність – свердлильні верстати, оснащені технологією ЧПУ, можуть робити отвори з точністю до вихідного файлу проекту з невеликими допусками;

– більш широка універсальність. свердлильні агрегати з ЧПУ можна використовувати для обробки широкого спектру матеріалів: від металу до пластику та дерева. Крім того, оскільки в них можна встановити кілька свердлів, їх можна використовувати для виготовлення отворів;

– велика відтворюваність. оскільки свердлильні верстати з ЧПУ управляються комп'ютером, вони менш схильні до помилок. У результаті виробники можуть досягти високої стабільності як упродовж усієї партії, так і між партіями.

Свердління отворів з ЧПУ має механізм, аналогічний іншим операціям обробки з ЧПУ, таким як обробна обробка. Нижче наведено покрокову процедуру виконання операції свердління [4]:

– крок 1. Підготуйте файл САПР. Першим кроком в операції свердління є створення файлу САПР для деталі, що просвердлена на верстаті з ЧПУ, з використанням такого програмного забезпечення, як Autodesk Inventor або SolidWorks. Файл САПР надасть оператору технічну інформацію про компоненти, таку як допуски, розміри тощо;

– крок 2. Експортуйте свій проект у формат файлу, сумісний із ЧПУ. Верстати з ЧПУ можуть розуміти тільки такі форми, як STEP та STL. В результаті вам доведеться перетворити створений файл САПР на сумісний формат. Деякі програми мають цю вбудовану функцію. Однак ті, хто цього не робить, можуть скористатися онлайн-сервісом конвертації файлів. Файл керуватиме обертальним та лінійним рухом верстата, траєкторією інструменту, швидкістю та іншими функціями;

– крок 3. Налаштуйте свердлильний верстат, прикріпивши свердла з ЧПУ. Після цього закріпіть заготовку на верстаті. Нарешті, виконайте операцію свердління та спостерігайте, як машина виконує свою функцію. Після завершення оцініть просвердлений компонент та можливість помилок чи дефектів.

ВИСНОВКИ. Свердління з ЧПУ – підходящий процес для виготовлення отворів у виробах та деталях. Як і будь-який процес обробки на верстаті з ЧПУ, він точний, точний та має низькі допуски. В результаті це важливий процес у виробництві продукції, що вимагає складання деталей. У цій статті наведено процес, як він працює, а також кілька порад, які можуть вам допомогти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Tolouei-Rad, Majid & Aamir, Muhammad. (2021). Analysis of the Performance of Drilling Operations for Improving Productivity. 10.5772/intechopen.96497.

2. Manual Aerospace Drills for Industry 4.0 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.linkedin.com/pulse/manual-aerospace-drills-industry-40-keystone-assembly-solutions-llc?trk=organization_guest_main-feed-card_feed-article-content.

3. A Brief Intro to CNC Drilling [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.kadcoceramics.com/a-brief-intro-to-cnc-drilling.

4. CNC Drilling: A Simple Guide On Drilling Holes Processes [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://waykenrm.com/blogs/cnc-drilling/#How-Does-CNC-Drilling-Process-Work.

5. Farahani S, Brown N, Loftis J, Krick C, Pichl F, Vaculik R, Pilla S (2019) Evaluation of in-mold sensors and machine data towards enhancing product quality and process monitoring via industry 4.0. Int J Adv Manuf Technol 105(1-4):1371–1389

6. Wang Y, Wang S, Bo Y, Zhu L, Liu F (2020) Big data driven hierarchical digital twin predictive remanufacturing paradigm: architecture, control mechanism, application scenario and benefits. J Clean Prod 248:119299

7. Luo W, Hu T, Zhang C, Wei Y (2019) Digital twin for cnc machine tool: modeling and using strategy. J Ambient Intell Humaniz Comput 10(3):1129–1140

8. Yevsieiev V., Bronnikov A. Analysis of the cyber-physical production systems implementation impact to achieve the goals of lean production. The IIth International scientific and practical conference «Development of scientific and practical approaches in the era of globalization» (USA, Boston, 28–30 September. 2020). P.221–226. DOI:10.46299/ISG.2020.II.II.

9. Yevsieiev V., Bronnikov A. Information systems development methodologies application analysis for cyber-physical production systems development. III International scientific-practical conference "Theory, science and practice" (Japan, Tokyo, 5–8 October 2020). P. 398–401. DOI: 10.46299/ISG.2020.II.III.

10. Nevliudov I., Omarov M., Yevsieiev V., Bronnikov A., Lyashenko V. Method of Algorithms for Cyber-Physical Production Systems Functioning Synthesis // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. – 2020. – Vol. 8(10). – P. 7465-7473.

11. Yevsieiev, V. V., & Bronnikov, A. I. (2020). Development of databases interconnection "essences" information model for cyber-physical production systems additive cyber design creation automation. Збірник Наукових Праць НУК, №3. С.56-62. DOI https://doi.org/10.15589/znp2020.3(481).7

12. Vladyslav, Y., & Bronnikov, A. (2020, October). ANALYSIS OF THE CMMI MODEL APPLICATION FOR SOLVING THE TASKS OF CPPS CONTROL PROCESSES AUTOMATION DEVELOPMENT. In The 4 th International scientific and practical conference "Actual trends of modern scientific research"(October 11-13, 2020) MDPC Publishing, Munich, Germany. 2020. 386 p. (p. 128).

13. Khalid, M. S., Yevsieiev, V., Nevliudov, I. S., Lyashenko, V., & Wahid, R. (2022). HMI Development Automation with GUI Elements for Object-Oriented Programming Languages Implementation. International Journal of Engineering Trends and Technology, 70.1, 139-145.

14. Nevliudov, I., & et al.. (2021). Development of a cyber design modeling declarative Language for cyber physical production systems, J. Math. Comput. Sci., 11(1), 520-542.

15. Nevliudov, I., & et al.. (2021). GUI Elements and Windows Form Formalization Parameters and Events Method to Automate the Process of Additive CyberDesign CPPS Development. Advances in Dynamical Systems and Applications, 16(2), 441-455.

16. Nevliudov, I., & et al.. (2020). Method of Algorithms for Cyber-Physical Production Systems Functioning Synthesis. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 8(10), 7465-7473.

17. Attar, H., & et al.. (2022). Control System Development and Implementation of a CNC Laser Engraver for Environmental Use with Remote Imaging. Computational Intelligence and Neuroscience, 2022, Article ID 9140156, https://doi.org/10.1155/2022/9140156

18. Моделі та методи кіберфізичних виробничих систем в концепції Industry 4.0 : монографія / І. Ш. Невлюдов, В. В. Євсєєв, А. О. Андрусевич, С. С. Максимова ; – Oktan Print – Prague. 2023. – 321 с.

19. Yevsieiev, V. Comparative Analysis of the Characteristics of Mobile Robots and Collaboration Robots Within INDUSTRY 5.0. / V. Yevsieiev, D. Gurin // In the VI International Scientific and Theoretical Conference, September 8, 2023. Chicago, USA. P.92-94

20. Yevsieiev, V. ., & Gurin, D. . (2023). COMPARATIVE ANALYSIS OF THE BASIC METHODS USED IN INDUSTRY 4.0 AND INDUSTRY 5.0. Collection of Scientific Papers «ΛΌГОΣ», (September 29, 2023; Bologna, Italy), 113–115. https://doi.org/10.36074/logos-29.09.2023.31