TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE

**FAKULTA TECHNIKY**

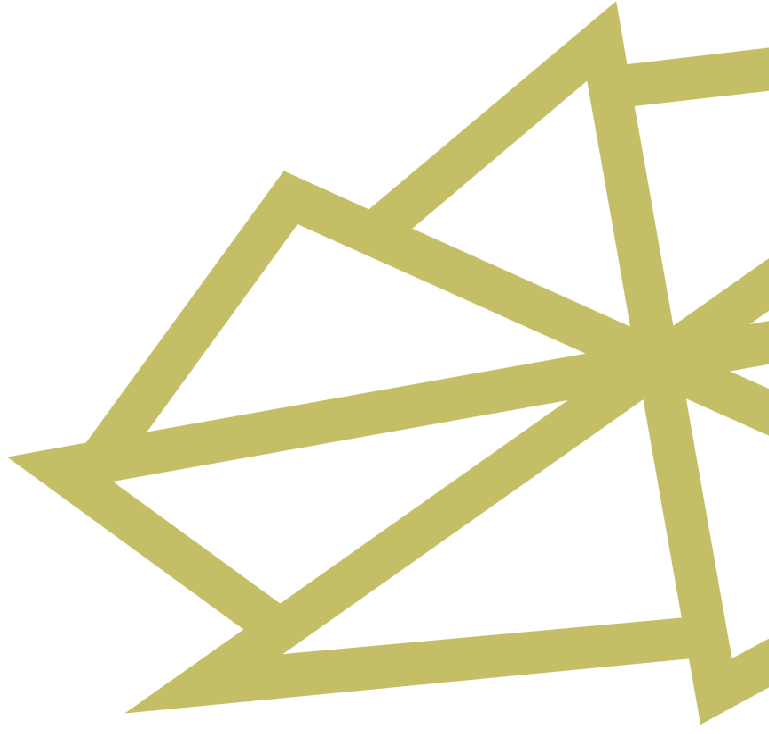
**Katedra výrobnej a automatizačnej techniky**

Obrázok, na ktorom je text, ClipArt

Automaticky generovaný popis

**Drevársky kongres**

**Výrobná a automatizačná technika 2022**

**Zborník rozšírených abstraktov**

**ISBN 978-80-228-3326-4 September 19, 2022 Zvolen, Slovakia**

TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE

**FAKULTA TECHNIKY**

**Katedra výrobnej a automatizačnej techniky**

Obrázok, na ktorom je text, ClipArt

Automaticky generovaný popis

**Drevársky kongres**

**Výrobná a automatizačná technika 2022**

**Zborník rozšírených abstraktov**

**Medzinárodná vedecká konferencia**

**19. septembra 2022  
Zvolen, Slovenská republika**

Názov: Zborník rozšírených abstraktov

Editor: Pavol Koleda

Dizajn: Pavol Koleda

Vydavateľstvo: Technická univerzita vo Zvolene

Všetky práva vyhradené. Copyright ©2022, Technická univerzita vo Zvolene

Vydavateľ nenesie zodpovednosť za platnosť alebo použitie informácií v ňom uvedených.

ISBN 978-80-228-3326-4

**Členovia výborov**

*(zoradené abecedne)*

**Členovia vedeckého výboru konferencie:**

Barcík Štefan Technical University in Zvolen Slovakia

Beljo-Lučić Ružica University of Zagreb Croatia

Božek Pavol Slovak University of Technology in Bratislava Slovakia

Frankovský Peter Technical University in Košice Slovakia

Gaff Milan Czech University of Life Sciences Prague Czech republic

Janák Karel Mendel University in Brno Czech republic

Javorek Ľubomír Technical University in Zvolen Slovakia

Naščák Ľubomír Technical University in Zvolen Slovakia

Očkajová Alena Matej Bel University Slovakia

Orłowski Kazimierz A. GUT Gdansk Poland

Rousek Miroslav Mendel University in Brno Czech republic

Rudak Pavel V. Belarusian State Technological University Republic of Belarus

Siemiątkowski Mieczysław GUT Gdansk Poland

Siklienka Mikuláš Technical University in Zvolen Slovakia

Svoreň Ján Technical University in Zvolen Slovakia

**Recenzenti:**

doc. Ing. Pavel Beňo, PhD. Technická univerzita vo Zvolene Slovensko

doc. Ing. Zuzana Brodnianská, PhD. Technická univerzita vo Zvolene Slovensko

doc. Ing. Miroslav Dado, PhD. Technická univerzita vo Zvolene Slovensko

doc. Ing. Richard Hnilica, PhD. Technická univerzita vo Zvolene Slovensko

doc. Ing. Peter Koleda, PhD. Technická univerzita vo Zvolene Slovensko

doc, Ing. Ján Svoreň, CSc. Technická univerzita vo Zvolene Slovensko

**Členovia organizačného výboru konferencie:**

Ing. Koleda Pavol, PhD. Technická univerzita vo Zvolene Slovensko

**Table of Contents**

**APLIKÁCIA NOVÉHO KONŠTRUKČNÉHO TYPU VÍROVÉHO ODLUČOVAČA PRE ODLUČOVANIE SYPKÝCH FRAKCIÍ. ..........................................................................................5**

*Marek Lipnický, Zuzana Brodnianská*

**DESIGN OF A LABYRINTH WITH A MOBILE ROBOT ..............................................................9**

*Martin Komák, Elena Pivarčiová*

**VYUŽITIE MATLABU PRE ZISŤOVANIE ROZMEROV ČASTÍC ...........................................11**

*Pavol Koleda, Zuzana Vyhnáliková*

**APLIKÁCIA ROZHRANIA SMARTFÓNU PRE PRENOS GRAFICKÝCH INFORMÁCIÍ DO ZARIADENIA .......................................................................................................................................14**

*Áron Hortobághyi, Elena Pivarčiová*

**VPLYV HYDROTERMICKEJ MODIFIKÁCIE BUKOVÉHO DREVA A REZNEJ RÝCHLOSTI NA KVALITU POVRCHU PO ROVINNOM FRÉZOVANÍ .................................18**

*Ľubomír Rajko, Peter Koleda, Štefan Barcík, Vlado Goglia*

**MOŽNOSTI VYUŽITIA ROZŠÍRENEJ REALITY PRE ZJEDNODUŠENIE PRENOSU INFORMÁCIÍ VO VZŤAHU VÝROBCA – UŽÍVATEĽ ................................................................22**

*Mária Hrčková, Pavol Koleda, Martin Pinka*

**DOPREDNÁ KINEMATIKA PRI RIEŠENÍ POLOHY KONCOVÉHO BODU MANIPULÁTORA ...............................................................................................................................24**

*Mária Vargovská, Elena Pivarčiová, Lukáš Hatala*

**Experimentálna optická metóda zisťovania prašnosti ovzdušia ...........30**

*Pavol Koleda, Martina Gondová*

**Vplyv nástroja na vibrácie obrobku pri analýze vibrácií ako signál pre adaptívne obrábanie MDF ............................................................................................33**

*Áron Hortobágyi, Peter Koleda*

**aplikácia nového konštrukčného typu vírového odlučovača pre odlučovanie sypkých frakcií**

Marek Lipnický1, Zuzana Brodnianská2

*1Katedra environmentálnej a lesníckej techniky, Fakulta techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 01, Zvolen, Slovenská republika, xlipnicky@tuzvo.sk*

*2Katedra environmentálnej a lesníckej techniky, Fakulta techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 01, Zvolen, Slovenská republika, zuzana.brodnianska@tuzvo.sk*

**Kľúčové slová:** vírový odlučovač, jemné frakcie, účinnosť odlučovania, sitová analýza

**úvod**

Vírové odlučovače sú nevyhnutnou súčasťou rôznych drevárskych, strojárskych, príp. stavebných prevádzok, kde je potrebné zachytávať jemné sypké frakcie tuhých znečisťujúcich látok. Tým sa zabraňuje ich úniku do ovzdušia a ich negatívnemu pôsobeniu na zdravie pracovníkov v jednotlivých prevádzkach.

Mnohí autori sa zaoberali zvýšením účinnosti odlučovania vírových odlučovačov (cyklónov) zmenou ich konštrukcie a geometrie vstupu heterogénnej zmesi (Zhao et al., 2004), (Cortés & Gil, 2007), (Avci *et al.,* 2013), (Qian & Wu, 2009), (Erdal & Shirazi, 2006). Autori (Elsayed & Lacor, 2011) zistili, že zmena šírky vstupného potrubia je významnejšia ako jeho výška. Vplyv tvaru a priemeru odťahového potrubia, a jeho hĺbky zasunutia bol predmetom výskumu autorov (Plandorová & Černecký, 2010), (Chen & Liu, 2010). Autori (Karagoz et al., 2013), (Tan et al., 2016) nahradili kužeľovú časť odlučovača valcovou a doplnili obmedzovač vírenia. Výsledky ukázali, že nárast výšky cyklónu vedie k zmenšeniu dĺžky víru. Autori (Fu et al., 2021) navrhli potrubie s drážkami na stene, čím sa znížil tlak a zvýšila účinnosť odlučovania.

Účinnosť odlučovania je základným parametrom, z ktorého sa vychádza pri návrhu odlučovacích zariadení. Cieľom prezentovaného príspevku je experimentálne stanovenie účinnosti odlučovania nového konštrukčného typu vírového odlučovača a dosiahnutie účinnosti odlučovania nad 95 % pre frakcie od 0,6 mm až frakcie menšie ako 0,125 mm.

**materiál a metódy**

Odlučovaniu jemných frakcií odpadového materiálu predchádzala sitová analýza vzoriek piesku, železného prachu a drevného prachu. Sitová analýza patrí do skupiny separačných techník pre stanovenie veľkosti častíc. Sústava sít s rôznou veľkosťou ôk je usporiadaná nad sebou, pričom vrchné sito má najväčšie otvory a spodné sito najmenšie otvory. Vzorka materiálu bola nasypaná na najvrchnejšie sito uzatvorené vekom a proces sitovania prebiehal 10 minút. Frakcie, ktoré prepadli cez sito s danou veľkosťou oka sita, predstavovali prepad *Pa* (%) a frakcie, ktoré neprepadli cez sito, predstavovali zvyšok *Za* (%). Pod najspodnejším sitom bolo nepriepustné dno, kde sa presitovali frakcie menšie ako 0,125 mm. Rozdelenie jednotlivých frakcií je zobrazené na Obr. 1a,b,c.

Nový konštrukčný typ vírového odlučovača (Obr. 1d) bol aplikovaný pre určenie účinnosti odlučovania jemných frakcií (Lipnický & Brodnianská, 2021). Heterogénna zmes pozostávajúca z tuhých znečisťujúcich látok a vzduchu, vstupuje otvorom (A) do telesa odlučovača, a frakcie sú odlučované pomocou odstredivej a gravitačnej sily do zbernej nádoby (B). Vzduch zbavený frakcií je odťahovým potrubím odvádzaný výstupným otvorom (C). Pred odlučovaním a po odlučovaní boli vzorky vážené pomocou analytických váh SARTORIUS BP 3100 P (presnosť ± 0,05 g).

|  |  |
| --- | --- |
| **D:\BRODNIANSKA\!!!111\Brodnianska_publikacna cinnost\!!Clanky_Brodnianska\Prispevky 2022\Konfera_KVAT\Obrazky\Fig_1d.png**  a)  D:\BRODNIANSKA\!!!111\Brodnianska_publikacna cinnost\!!Clanky_Brodnianska\Prispevky 2022\Konfera_KVAT\Obrazky\Fig_1e.png  b)  D:\BRODNIANSKA\!!!111\Brodnianska_publikacna cinnost\!!Clanky_Brodnianska\Prispevky 2022\Konfera_KVAT\Obrazky\Fig_1a.png  c) | C:\Users\User\Downloads\Schema 2.png  d) |

Obr. 1. Vzorky odpadového materiálu a rozmery vírového odlučovača

a) pieskové frakcie, b) železné prachové frakcie, c) drevné frakcie, d) vírový odlučovač,   
A – vstup heterogénnej zmesi, B – odlúčené frakcie, C – výstup vzduchu

Fig. 1. Samples of waste material and dimensions of vortex separator

a) sand fractions, b) iron dust fractions, c) wood fractions, d) vortex separator, A – inlet of heterogeneous mixture, B - separated fractions, C – air outlet

**výsledky**

Percentuálne podiely frakcií drevného odpadu, piesku, a železného prachu, ako aj percentuálne hodnoty zvyškov *Za*a prepadov *Pa* pre zrnitosť 0,6 mm, 0,125 mm a <0,125 mm sú uvedené v Tab. 1.

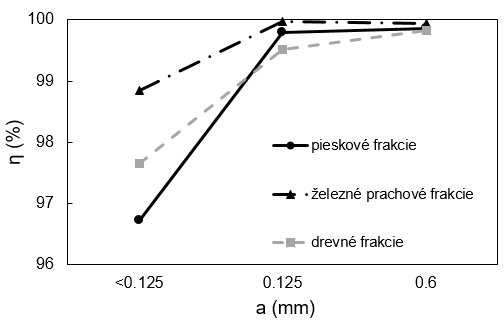
Tabuľka 1. Výsledky sitovej analýzy a účinnosti odlučovania sypkých frakcií

Table 1. Results of the sieve analysis and separation efficiency of the bulk fractions

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | DREVNÉ FRAKCIE | | | PIESKOVÉ FRAKCIE | | | ŽELEZNÉ FRAKCIE | | |
| Veľkosť oka sita a (mm) | <0,125 | 0,125 | 0,6 | <0,125 | 0,125 | 0,6 | <0,125 | 0,125 | 0,6 |
| Podiel frakcie (%) | 7,87 | 57,65 | 34,48 | 8,13 | 55,19 | 36,68 | 41,93 | 41,97 | 16,10 |
| Zvyšok *Za* (%) | 100 | 92,13 | 34,48 | 100 | 91,87 | 36,68 | 100 | 58,07 | 16,10 |
| Prepad *Pa* (%) | 0 | 7,87 | 65,52 | 0 | 8,13 | 63,32 | 0 | 41,93 | 83,90 |
| Účinnosť odlučovania *η* (%) | 97,66 | 99,52 | 99,82 | 96,73 | 99,79 | 99,85 | 98,85 | 99,98 | 99,95 |

Účinnosť odlučovania *η* je vyjadrená ako pomer hmotnosti frakcií po odlučovaní k hmotnosti frakcií pred odlučovaním a je graficky znázornená na Obr. 2. Účinnosť odlučovania vyššia ako 99 % bola dosiahnutá pre všetky skúmané materiály s veľkosťou frakcií 0,125 mm a 0,6 mm. Pre frakcie <0,125 mm bola dosiahnutá účinnosť odlučovania 98,85 % pre železné prachové frakcie, 97,66 % pre drevné frakcie a 96,73 % pre frakcie piesku.

Každá frakcia vstupujúca do vírového odlučovača dosahuje rozdielne podmienky pre odlučovanie. Vplýva na to napr. veľkosť častíc, ich hmotnosť, vlhkosť, odporový koeficient, poloha častíc pri ich vstupe do vírivého pohybu, rýchlosť a turbulencie v odlučovači. Z toho dôvodu je nevyhnutnosťou aj experimentálne určovanie účinnosti odlučovania konkrétneho typu vírového odlučovača.



Obr. 2. Účinnosť odlučovania jemných frakcií odpadového materiálu

Fig. 2.The separation efficiency of fine waste fractions

**záver**

Cieľom experimentálneho stanovenia účinnosti odlučovania nového konštrukčného typu vírového odlučovača bolo dosiahnuť odlučivosť nad 95 % pre frakcie drevného odpadu, frakcie piesku a železné prachové frakcie so zrnitosťou od 0,6 mm po zrnitosť menšiu ako 0,125 mm. Všetky nami skúmané frakcie odpadového materiálu dosiahli účinnosť odlučovania vyššiu ako 96 %. Maximálnu účinnosť odlučovania dosiahli železné prachové frakcie so zrnitosťou 0,125 mm (99,98 %). Účinnosť odlučovania vyššiu ako 99 % dosiahli všetky skúmané materiály s veľkosťou frakcií 0,125 mm a 0,6 mm. Pre frakcie menšie ako 0,125 mm klesla účinnosť odlučovania na 98,85 % pre železné prachové frakcie, 97,66 % pre drevné frakcie a 96,73 % pre frakcie piesku. Záverom možno zhodnotiť, že novo navrhnutý a skonštruovaný vírový odlučovač možno efektívne využiť pre odlučovanie tuhých znečisťujúcich látok v rozmedzí skúmaných veľkostí.

**literatúra**

Avci, A., Karagoz, I., Surmen, A., 2013. Development of a new method for evaluating vortex length in reversed flow cyclone separators*.* *Powder Technol*., vol. 235, pp. 460–466. [DOI:10.1016/j.powtec.2012.10.058](https://doi.org/10.1016/j.powtec.2012.10.058).

CortÉs, C., & Gil, A., 2007. Modeling the gas and particle flow inside cyclone separators. In *Progress in Energy and Combustion Science*, vol. 33, issue 5, pp. 409–452. DOI:10.1016/j.pecs.2007.02.001.

Elsayed, K., & Lacor, C., 2012. Modeling and Pareto optimization of gas cyclone separator performance using RBF type artificial neural networks and genetic algorithms. In Powder Technol., vol. 217, pp. 84–99. DOI:10.1016/j.powtec.2011.10.015.

Erdal, F.M., & Shirazi, S.A., 2006. Effect of the inlet geometry on the flow in a cylindrical cyclone separator. In *J. Energy Resour. Technol.,* vol. 128, issue 1, pp. 62–69. DOI:10.1115/ETCE2002/MANU-29110.

FU, S., ZHOU, F., SUN, G., YUAN, H., ZHU, J., 2021. Performance evaluation of industrial large-scale cyclone separator with novel vortex finder. In *Adv. Powder Technol.,* vol. 32, pp. 931-939. DOI:10.1016/j.apt.2021.01.033.

Chen, J., & Liu, X., 2010. Simulation of a modified cyclone separator with a novel exhaust. In *Sep. Purif. Technol.*, vol. 73, issue 2, pp. 100–105. DOI:[10.1016/j.seppur.2010.03.007](http://dx.doi.org/10.1016/j.seppur.2010.03.007).

KARAGOZ, I., AVCI, A., SURMEN, A., SENDOGAN, O., 2013. Design and performance evaluation of a new cyclone separator. In *Journal of Aerosol Science*, vol. 59, pp. 57-64. DOI:[10.1016/j.jaerosci.2013.01.010](http://dx.doi.org/10.1016/j.jaerosci.2013.01.010).

LIPNICKÝ, M. & BRODNIANSKÁ, Z., 2021. A new concept of vortex separator for the solid pollutant separation. *Mobile energy systems - Hydraulics - Environment - Ergonomics of mobile machines : peer-reviewed proceedings*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2021, pp. 162-172, ISBN 978-80-228-3279-3.

PLANDOROVÁ, K. & Černecký, J., 2010. Structural design of the model cyclone for utilization in the educational process. *Trendy ve vzdělávání 2010: informační technologie a technické vzdelávání : monografie z mezinárodní konference TVV 2010*. Olomouc: Altyn, 2010, pp. 551-554, ISBN 978-80-87244-09-0.

Qian, F., & Wu, Y., 2009. Effects of the inlet section angle on the separation performance of a cyclone*.* In *Chem. Eng. Res. Des.*, vol. 87, issue 12, pp. 1567–1572. DOI:10.1016/j.cherd.2009.05.001.

TAN, F., KARAGOZ, I., AVCI, A., 2016. The effects of Vortex Finder Dimensions on the Natural Vortex Length in a New Cyclone Separator. In *Chem. Eng. Commun.*, vol. 203, issue 9, pp. 1216-1221, DOI:10.1080/00986445.2016.1160228.

Zhao, B., Shen, H., Kang, Y., 2004. Development of asymmetrical spiral inlet to improve cyclone separator performance. In *Powder Technol*., vol. 145, issue 1, pp. 47–50. DOI:10.1016/j.powtec.2004.06.001.

*Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia vedeckého grantového projektu VEGA 1/0791/21 "Výskum bezkontaktnej metódy analýzy drobných a prachových častíc vznikajúcich vo výrobnom procese s predikciou negatívnych vplyvov prachových častíc".*

**Kontaktná osoba:**

Ing. Marek Lipnický, tel.: +421 45 5206 053, e-mail: xlipnicky@tuzvo.sk.

**DESIGN OF A labyrinth WITH A MOBILE ROBOT**

Martin Komák1, Elena Pivarčiová2

*1Institute of Informatics, Information Systems and Software Engineering, Faculty of Informatics and Information Technologies, Slovak University of Technology in Bratislava, Ilkovičova 6276/2, 842 16 Bratislava 4, Slovakia,* [*martin.komak@stuba.sk*](mailto:martin.komak@stuba.sk)

*2Department of Manufacturing and Automation Technology, Faculty of Technology, Technical University in Zvolen, Ul. T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen, Slovakia, elena.pivarciova@tuzvo.sk*

**Key words:** micro mouse, mobile robot, intersection, labyrinth.

**Introduction**

In our work, we focus on the visual design of a labyrinth with a mobile robot - micro mouse. The whole concept is designed in such a way that the robot can move around the labyrinth using arrows, and the program lasts until the robot crashes into one of the walls of the labyrinth, or until it reaches the opposite side of the labyrinth, where it has a goal.

Several authors devoted themselves to similar works. In paper [1], a labyrinth exploration algorithm called "Partition-central Algorithm" is proposed, which is used to find the shortest path in a competitive micromouse labyrinth. In the paper [2], the authors try to describe the important technical aspects and the required continuous system improvements in terms of design, controls and computer algorithms for a better, faster autonomous robot. The document [3] covers one of the most important areas of the robot, the so-called a decision-making algorithm or, in layman's terms, the intelligence of robots. This document starts with the basic logic of a wall tracker to solve a labyrinth. In article [4], a Hardware-in-the-loop simulator tool is presented, where the simulated robot is controlled by the same microcontroller used by the robot.

**MATERIAL AND METHODS**

We designed a graphical model of the labyrinth, the mouse and created all the necessary algorithms for the mouse to move through the labyrinth according to the instructions. The program implements a function for identifying collision states. The program consists of several parts. In the first phase, the robotic mouse is loaded together with the pre-modeled labyrinth. In the second part, the rendering and visualization parameters are defined. Subsequently, the robotic mouse is placed at the beginning of the labyrinth. The coordinate system is also drawn. All these parts are repeated in a cycle as the mouse moves. The collision between the robot and the walls of the labyrinth is solved in the program. After the robot "crashes" into the wall, it lights up red and the program ends.

**Results**

In the experiment, several runs were verified in which the mobile robot moved as expected. In Fig. 1 we can see the scenery of the mouse in the labyrinth from the side and top view. The labyrinth is made up of simple walls (two transverse obstacle walls and contour walls). One mouse step is set to move 10 pixels. By pressing the arrows, we can move the mouse from the starting position to the target.

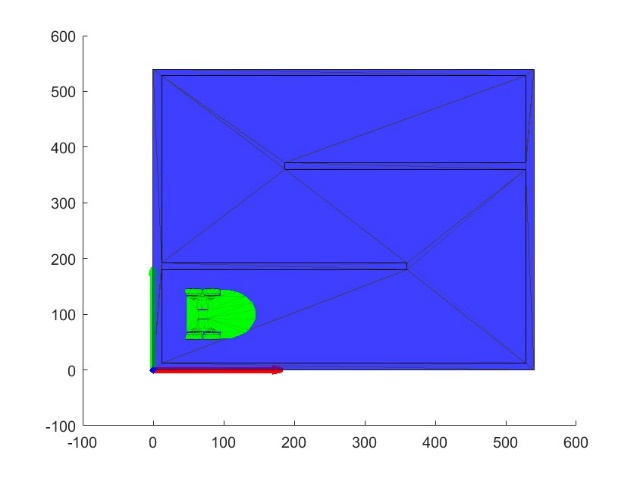
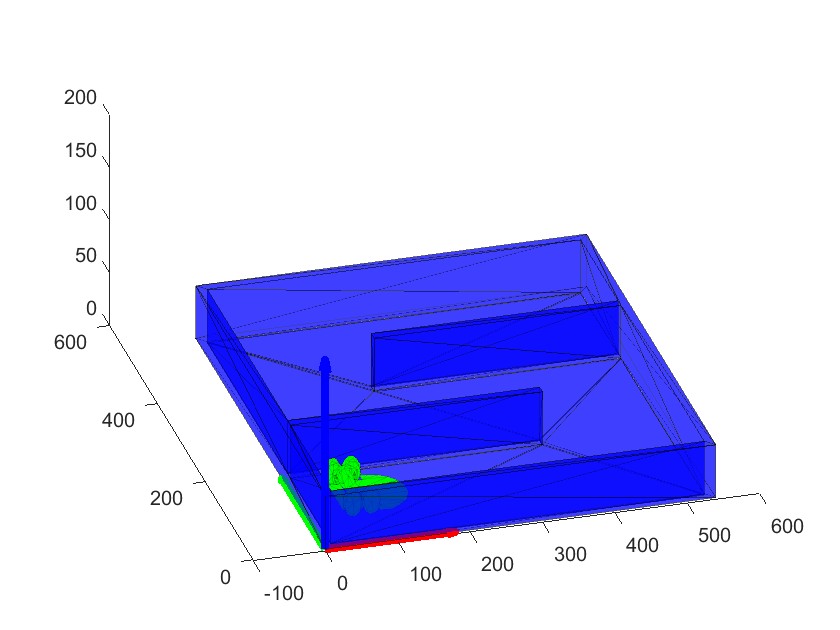
****

Fig. 1 Illustration of a scene with a robotic mouse and a labyrinth

**Conclusion**

The solved task can serve as background material for the study of a robotic mouse in a labyrinth. Several functions were created in the Matlab programming language. These functions are used to render the environment and control the mouse through the labyrinth. An integral part is the solution of collisions of the help of mathematical functions at the intersections of the general expression of the plane and straight lines. The model can also be used for further study of robotics and cybernetics, e.g. for the development of control units based on neural networks, etc.

*The article was developed within the framework of the   
KEGA 006STU-4/2021 project: "Progressive form of interdisciplinary education and support for the development of the study of vocational subjects in the university environment".*

**literature**

[1] CAI, J., WAN, X., HUO, M., WU, J. 2010. An algorithm of micromouse maze solving. In *10th IEEE International Conference on Computer and Information Technology,* 2010, pp. 1995–2000.

[2] KIBLER, S. G., HAUER, A. E., GIESSEL, D. S., MALVEAUX, C. S., RASKOVIC, D. 2011. Micromouse for mechatronics research and education. In *IEEE International Conference on Mechatronics,* 2011, pp. 887–892.

[3] MISHRA, S., BANDE, P. 2008. Maze solving algorithms for micro mouse. In *IEEE International Conference on Signal Image Technology and Internet Based Systems*, 2008, pp. 86–93.

[4] PIARDI, L., ECKERT, L., LIMA, J., COSTAT, P., VALENTE, A., NAKANO, A. 2019. 3D simulator with hardware-in-the-loop capability for the micromouse competition. In *IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions,* 2019, pp. 1–6.

**Kontaktná osoba:**

Ing. Martin Komák, PhD., tel.: +421 908 099 406, e-mail: martin.komak@stuba.sk

**využitie matlabu pre zisťovanie rozmerov častíc**

Pavol Koleda1, Zuzana Vyhnáliková2

*1Katedra výrobnej a automatizačnej techniky, Fakulta techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 01, Zvolen, Slovenská republika, pavol.koleda@tuzvo.sk*

*2Ústav cudzích jazykov, Technická univerzita vo Zvolene, T.G. Masaryka 24, 960 01, Zvolen, Slovenská republika, zuzana.vyhnalikova@tuzvo.sk*

**Kľúčové slová:** Matlab, obrazová analýza, rozmery častíc, piliny.

**úvod**

Rozvoj priemyslu so sebou okrem zvyšovania výroby prináša aj zvyšovanie vedľajších produktov, ako napríklad pilín a prachu. Veľkosť vzniknutých pilín a prachu pri trieskovom obrábaní môže vypovedať rôzne informácie o výrobnom procese, ako aj o bezpečnosti práce v prachom znečistenom prostredí. V súčasnosti je obrábanie dreva pomocou CNC technológií neoddeliteľnou súčasťou drevospracujúceho priemyslu. Spektrum používaných CNC strojov je v takzvaných CNC obrábacích centrách veľmi široké (Korčok et al. 2018, Kos et al. 2004). Ani pri týchto moderných počítačom riadených strojoch sa nevyhneme problému odstraňovania druhotného materiálu, ktorý vzniká pri obrábaní – trieska (Kučerka, 2022).

**materiál a metódy**

Meranie rozmerov bolo realizované na frézovanom brezovom rezive. Tieto vzorky boli frézované na spodnej vretenovej fréze FVS Hradec Králové. Vzniknuté piliny boli následne zosnímané pomocou fotoaparátu Nikon D5500. Takto vytvorené snímky boli následne analyzované v programe Matlab. V ňom boli snímky najskôr prevedené do binárneho obrazu a následne pomocou funkcií *regionprops()* a *bwferet()* zisťované rozmerové parametre.

**výsledky**

Zistené rozmerové parametre pilín sú uložené v excelovej tabuľke na ďalšie spracovanie. Niektoré z nich možno graficky znázorniť v upravenom binárnom obrázku s pilinami (obrázok 1): ohraničujúci rámček (modré obdĺžniky), dĺžka hlavnej osi a dĺžka vedľajšej osi (modré čiary so zobrazenou dĺžkou), orientácia (červená elipsa) a poloha stred pilín (zelená hviezda).

Obrázok, na ktorom je text, niekoľko

Automaticky generovaný popis

Obr. 1. Grafická prezentácia zistených rozmerových vlastností pilín

**záver**

Pomocou programu Matlab je možné zisťovať rozšírené rozmerové charakteristiky drobných častíc a prachu. V porovnaní s inými metódami, ako je napríklad sitovanie, je táto metóda nedeštruktívna. Nevýhodou je však nutnosť nasnímané piliny od seba oddeliť, inak sa môžu spolu prekrývať. Takto prekryté piliny sú následne vyhodnotené ako jedna samostatná pilina, čo vnáša chybu do merania. Okrem získaných informácií v tabuľkovej forme umožňuje samotný Matlab aj štatistické vyhodnotenie nameraných vzoriek, napríklad pomocou histogramov.

**literatúra**

JAHARI A. F. et al. 2021. Quantification method of suspended solids in micromodel using image analysis. In: Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. 11(5). DOI: 10.1007/s13202-021-01153-x.

KOLEDA, P.; BARCIK, S.; KORCOK, M.; JAMBEROVA, Z.; CHAYEUSKI, V. Effect of Technological Parameters on Energetic Efficiency WhenPlanar Milling Heat-treated Oak Wood. Bioresources 2021, 16, 515–528. DOI: 10.15376/biores.16.1.515-528

KORČOK, M., KOLEDA, P., BARCÍK, Š., VANČO, M. 2018. Effects of Technical and Technological Parameters on the Surface Quality when Milling Thermally Modified European Oak Wood. InBioResources, 13(4): 8569-8577.

KOS, A., BELJO-LUČIĆ, R., ŠEGA, K., RAPP, A. O. 2004. Influence of woodworking machine cuttingparameters on the surrounding air dustiness. In Holz als Roh-und Werkstoff 62(3): 169-176. DOI:10.1007/s00107-004-0473-2.

KUČERKA, M., OČKAJOVÁ, A., KMINIAK, R., PĘDZIK, M., ROGOZINSKI, T. 2022. The Effect of the Granulometric Composition of Beech Chips from a CNC Machining Center on the Environmental Separation Technique. In: Acta Facultatis Xylologiae. Zvolen, 2022. vol. 64(1), P 87-97. DOI: 10.17423/afx.2022.64.1.08.

LIAO, K. C., LU, J. H. 2020. Using Matlab real-time image analysis for solar panel fault detection with UAV. In: Journal of Physics: Conference Serie. DOI: 10.1088/1742-6596/1509/1/012010.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. 1995. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Volume 62 Wood Dust and Formaldehyde. Lyon, France. 1995. ISBN 92 832 1262 2.

OTSU, N., 1979. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. In: IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. Vol. 9, No. 1, 1979, pp. 62–66.

REZAEI, H., LIM, C. J., LAU, A., SOKHANSANJ, S. 2016. Size, Shape and Flow Characterization of Ground Wood Chip and Ground Wood Pellet Particles. In: Powder Technology. Vol. 301. P. 737-746. DOI: 10.1016/j.powtec.2016.07.016.

*Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia vedeckého grantového projektu VEGA 1/0791/21 „Výskum bezkontaktnej metódy analýzy drobných a prachových častíc vznikajúcich vo výrobnom procese s predikciou negatívnych vplyvov prachových častíc“, grantového projektu APVV-20-0403* *"FMA analýza potenciálnych signálov vhodných pre adaptívne riadenie nestingových stratégií frézovania aglomerátov na báze dreva" a projektu KEGA 006TU Z-4/2020 „Využitie inovatívnych prístupov na zvýšenie kvality vzdelávania v študijných odboroch Lesníctvo a poľovníctvo prostredníctvom e-learningového výkladového slovníka slovenskej a nemeckej terminológie používanej v poľovníctve“.*

**Kontaktná osoba:**

Ing. Pavol Koleda, PhD., tel.: +421 45 5206 570, e-mail: pavol.koleda@tuzvo.sk

**aplikácia rozhrania smartfónu pre prenos grafických informácií do zariadenia**

Áron Hortobágyi, Elena Pivarčiová

*Technická univerzita vo Zvolene, Katedra výrobnej a automatizačnej techniky, Fakulta techniky, Ul. T. G. Masaryka 24, 960 01, Zvolen, Slovenská republika, xhortobagyi@tuzvo.sk, pivarciova@tuzvo.sk*

**Kľúčové slová:** Prenos grafických informácií, Lego Mindstorms Education, smartfón

**úvod**

Článok je zameraný na vylepšenie HW/SW zariadenia spoluprácou s rozhraním smartfónu. Zariadenie bolo programovateľné Lego Mindstorms Education EV3 vo forme robota určeného na riešenie Rubikovej kocky. Cieľom výskumu bolo nahradiť vstavaný farebný senzor kamerou, ktorá by urýchlila proces skenovania kocky. V rámci výskumu boli vykonané úpravy konštrukcie, softvéru a bol vytvorený komunikačný kanál medzi smartfónom a zariadením.

Na túto tému už boli vypracované rôzne štúdie zamerané na základy zostáv a programov EV3 (Rollins, 2014), (Bell, Kelly, 2017), (Harding, 2018). Pokiaľ ide o spoluprácu EV3 s inými platformami a programovacími jazykmi, bolo publikovaných viacero článkov o Arduino (Koch, 2020), android (Chen et al., 2018), Matlab Simulink (Klassner et al., 2012), (Lapusan et al., 2016), (Bevrnja et al., 2019), (Montes et al., 2021), Python (Crnokić et al., 2020), cnl systém syntézy programov (Zhan, Hsiao, 2018) a MakeCode ako prostredie pre programovanie EV3 (Voštinár, 2020).

**materiál a metódy**

Pre výskum bol vybraný model robota MindCub3r. Konštrukciu a softvér navrhol (Gilday, 2014) zo súpravy Lego Mindstorms EV3, funkciou robota bolo riešenie Rubikovej kocky.

Ako prvá alternatíva nášho výskumu bola zvolená kamera NXTCam-v4. Kamera je kompatibilná s platformami NXT-G, EV3G, RobotC, LeJOS, NXC, LabVIEW a LVEE. Senzor bol priamo navrhnutý ako rozšírenie pre súpravy EV3 a NXT. Riadiace bloky v pôvodnom softvéri robota boli súčasťou produktu. Kamera mala dva hlavné účely: sledovanie línií a sledovanie objektov definovaných farbou (Mindsensors, 2016).

Druhou alternatívou bol fotoaparát smartfónu. Nevýhodou tejto možnosti bola potreba komunikačného kanála medzi telefónom a sadou EV3. V rámci výskumu boli použité smartfóny Samsung, LG a Xiaomi. Pre každý typ zariadenia bolo potrebné doladiť program a konštrukciu robota. Pôvodný návrh a upravené verzie robota sú zobrazené na obr. 1.

A picture containing text, wall, indoor, automaton

Description automatically generated

Obr. 1 Robot MindCub3r. a) pôvodný návrh b) verzia s NXT Cam c) verzia so smartfónom

Fig. 1 Robot MindCub3r. a) original design b) version with NXT Cam c) version with smartphone

**výsledky**

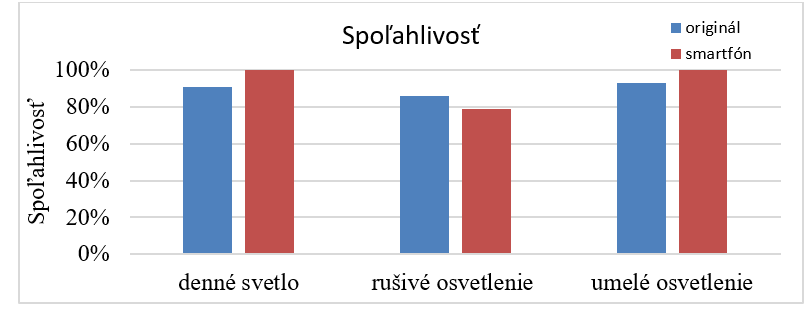
Po úprave konštrukcie robota a softvéru sa uskutočnilo skenovanie a riešenie kociek. Podmienkou bolo, aby skenovanie prebiehalo spoľahlivo za rôznych svetelných podmienok. K tomuto bol vykonaný experiment, kde bola 20 krát riešená kocka, teda prebiehalo 20 skenov.

Počas procesu riešenia boli sledované časy skenovania. Výsledky sú zhrnuté na obr. 2. Pojem "čas skenovania" v texte opisuje čas na získanie údajov potrebných na úspešné riešenie. To pozostávalo z jedného alebo viacerých opakovaní, pričom termín "skenovanie" bol definovaný ako načítanie farieb všetkých polí na kocke. Pokiaľ skenovanie bolo neúspešné, robot proces skenovania opakoval.

Obr. 2 Časy skenovania pôvodného robota v porovnaní s upravenými robotmi

Fig. 2 Scan times of the original robot compared to the modified robots

Následne sa porovnávala spoľahlivosť skenovania originálneho robota a verzie so smartfónom. Test prebiehal na dennom svetle, pri rušivom osvetlení a pri umelom osvetlení. Výsledky sú znázornené na obr. 3. Keď bola kocka vyriešená po prvom skenovaní, bola pripísaná 100 % úspešnosť. Keď bolo potrebné opakovanie skenovania, na tretie opakovanie sa použila 50 % a 33 % úspešnosť.



Obr. 3 Porovnanie spoľahlivosti skenovania kociek

Fig. 3 Comparison of cube scanning reliability1

**záver**

Z výsledkov výskumu možno konštatovať, že kamera NXTcam nebola ideálnym riešením pre aplikáciu. Aj keď použitie tejto kamery nevyžadovalo samostatný softvér pre komunikáciu s EV3 a používalo sa rovnaké grafické prostredie ako pri EV3, použitie tejto kamery by mohlo dosiahnuť oveľa lepší výsledok v aplikáciách, kde sa má robot pohybovať v prostredí alebo potrebuje rozpoznávať objekty a určiť ich polohu.

Používanie smartfónu prinieslo požadovaný výsledok: zvýšenú spoľahlivosť skenovania a rýchlejší proces skenovania. Zavedenie tejto alternatívy si vyžadovalo požitie nového programovacieho jazyka. Nevýhodou tejto alternatívy bolo pomerne zložité vytvorenie komunikačného kanála s EV3. To sa dosiahlo úpravou postupu, ktorý opísal (Jerry, 2018).

Podľa dosiahnutých výsledkov existuje predpoklad, že dodatočná optimalizácia modelu pomocou smartfónu by mohla proces skenovania ešte viac urýchliť.

**literatúra**

BELL, M., KELLY, J. (2017). LEGO® MINDSTORMS® EV3. Berkeley: Apress. 333 s. ISBN 978-1-4842-2261-4

CRNOKIĆ, B., PEHAR, F., SPAJIĆ, J. (2020). Učebňa STEM: STEM Classroom: Creating a Phyton Application for an EV3 Brick Robotic System Used to Transport 3D Printed Boxes. In *Proceedings of the 31st International DAAAM Virtual Symposium ''Intelligent Manufacturing & Automation''. [online] Vienna: DAAAM International, pp. 88–97*. Available at: https://www.daaam.info/Downloads/Pdfs/proceedings/proceedings\_2020/012.pdf [cit. 29. 6. 2022]

GILDAY, D. (2013). How to build MindCub3r for LEGO MINDSTORMS EV3. [online] Available at: http://mindcuber.com/mindcub3r/mindcub3r.html [cit. 15. 6. 2022]

HARDING G. (2018). Programming LEGO® EV3 My Blocks. Berkely: Apress. 136 p. ISBN 978-1-4842-3437-2

JERRY. (2018). Further AI2/EV3 Bluetooth Coding [online] Jander's LEGO® Stuff. Available at: https://r.jander.me.uk/index.php/2018/03/10/further-ai2-ev3-bluetooth-coding/ [cit. 22. 5. 2022]

KLASSNER, F., PEYTON-JONES, J.C., LEHMER, K. (2012). Genetic Algorithms with Lego Mindstorms and Matlab In *Proceedings Of The Twenty-Fifth International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference*. [online] California, Palo Alto: AAAI Press. Available at: http://www.csc.villanova.edu/~klassner/pubs/FLAIRS2012-KlassnerPeytonJonesLehmer.pdf [cit. 11. 6. 2022]

KOCH, G. (2020). The LEGO Arduino Cookbook. Berkey: Apress. 234 p. ISBN 978-1-4842-6302-0

LAPUSAN, C., HANCU, O., RAD, C., DACHE, L., MATIES, V. (2016). Integrated learning platform based on lego NXT and Matlab for teaching mechatronics. In *8th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI).* [online] Yekaterinburg: IEEE, pp. 1–4. Available at: https://ieeexplore.ieee.org/document/7861145 [cit. 5. 5. 2022]

MINDSENSORS COLLECTIVE. VISION SUBSYSTEM (2016). Camera for NXT or EV3 (NXTCam-v4). 2018 [online]. Available at: http://www.mindsensors.com/ev3-and-nxt/14-vision-subsystem-camera-for-nxt-or-ev3-nxtcam-v4 [cit. 5. 5. 2022]

MONTES, N., ROSILLO, N., MORA, MC., HILARIO, L. (2021) A Novel Real-Time MATLAB/Simulink/LEGO EV3 Platform for Academic Use in Robotics and Computer Science. *Sensors*, [online] Volume 21(3), p. 1006. Available at: https://doi.org/10.3390/s21031006 [cit. 5. 5. 2022]

ROLLINS, M. (2014). Beginning LEGO MINDSTORMS EV3., Berkeley: Apress. 280 p. ISBN 978-1-4302-6436-1

VOŠTINÁR, P., (2020). MakeCode for Lego Mindstorms EV3. *International Journal of Online and Biomedical Engineering*, [online] Volume 16(4), pp. 42–53. Available at: https://online-journals.org/index.php/i-joe/article/view/17069 [cit. 2. 6. 2022]

ZHAN, Y., HSIAO, M., S. (2018). A Natural Language Programming Application for Lego Mindstorms EV3. In *2018 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality (AIVR)*. [online] IEEE, pp. 27–34. Available at: https://ieeexplore.ieee.org/document/8613631 [cit. 2. 6. 2022]

*Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia grantového projektu   
KEGA 006STU-4/2021: Progresívna forma interdisciplinárneho vzdelávania a podpory rozvoja štúdia odborných predmetov v univerzitnom prostredí.*

**Kontaktná osoba:**

Ing. Áron Hortobágyi, tel.: +421 455 206 566, e-mail: xhortobagyi@tuzvo.sk

**Vplyv hydrotermickej modifikácie bukového dreva a reznej rýchlosti na kvalitu povrchu po rovinnom frézovaní**

Ľubomír Rajko, Peter Koleda, Štefan Barcík, Vlado Goglia

*Katedra výrobnej a automatizačnej techniky, Fakulta techniky, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 01, Zvolen, Slovenská republika, peter.koleda@tuzvo.sk*

**Kľúčové slová:** termická modifikácia, frézovanie, rezná rýchlosť

**úvod**

Drevo je dôležitou surovinou pre exteriérové aj interiérové použitie, pričom jeho mechanické a estetické vlastnosti sa dajú meniť vplyvom technológie jeho úpravy (Kokutse *et al*. 2006, Kaplan *et al*. 2018, Bengtsson *et al*. 2003). Vo všeobecnosti možno termickú modifikáciu dreva definovať ako proces, kedy sa drevo vystavuje pôsobeniu vysokej teploty (v rozsahu 150 až 260 °C) v prostredí s rôznym médiom (najčastejšie vodná para, organické uhľovodíky, olej) bez chemických prísad (Sandberg a Kutnar 2016, Dzurenda a Deliiski 2010).

Cieľom príspevku je určenie vplyvu technológie hydrotermickej úpravy bukového dreva a reznej rýchlosti na kvalitu povrchu po rovinnom frézovaní.

**materiál a metódy**

Hydrotermická modifikácia vzoriek bukového dreva (Fagus Sylvatica L.) (obr. 1) bola realizovaná v spoločnosti Sundermann s.r.o. (Banská Štiavnica, Slovensko) pri parametroch v tab. 1. Proces frézovania prebiehal na spodnej vretenovej frézke ZDS-2 (Liptovské strojárne, Slovakia) s podávacím mechanizmom Frommia ZMD 252/137 (Maschinenfabrik Ferdinand Fromm, Fellbach, Nemecko) (obr. 2). Rezné podmienky boli nasledovné: rezná rýchlosť 20, 40 a 60 m.s-1, posuv 6, 10 a 15 m.min-1, uhol čela 20°, 25° a 30°. Meranie nerovnosti povrchu na obrobených skúšobných vzorkách sa realizovalo na laserovom profilometri LPM – 4, ktorý bol zostavený na Katedre obrábania dreva TU vo Zvolene (obr. 3). Prístroj pracuje na základe triangulačnej laserovej profilometrie. Digitálna kamera Merlin F131B zaznamenáva pod daným uhlom obraz povrchu, konkrétne laserovej čiary. Obraz je samostatná laserová čiara ktorá je generovaná prostredníctvom laserovej diódy, ktorá ma vlnovú dĺžku 635 nm a výkon 3 mW. Na základe zosnímaného obrazu je následne profil hodnotený v priereze.

Tabuľka 1 Technologické parametre termickej modifikácie dreva

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Úprava | Režim teploty | Trvanie úpravy | Počet kusov |
| Natívne | – | – | 3 ks |
| 1D | 105 °C | 12 hodín | 3 ks |
| 2D | 125 °C | 12 hodín | 3 ks |
| 3D | 135 °C | 12 hodín | 3 ks |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Obrázok, na ktorom je motorová píla, nástroj, zelené, mlynár  Automaticky generovaný popis | Obrázok, na ktorom je text, vnútri, stena, podlaha  Automaticky generovaný popis |
| Obr. 1 Experimentálne vzorky | Obr. 2 spodná vretenová frézka a podávací mechanizmu | Obr. 3 Proces merania drsnosti povrchu |

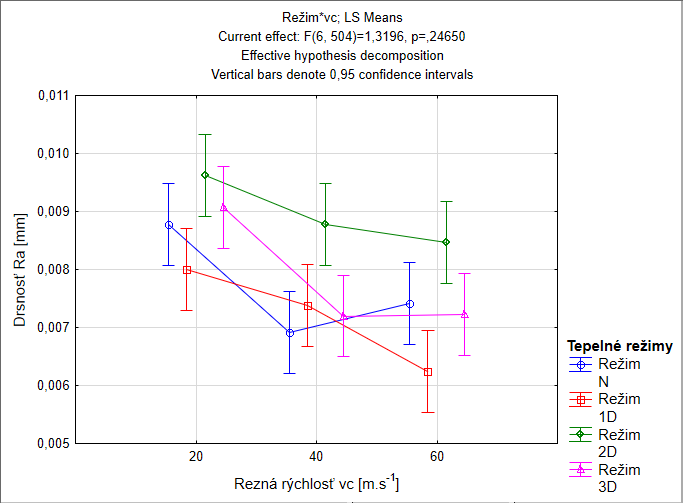
Hustota modifikovaných vzoriek je znázornená v tab. 2.

Tabuľka 2 Hustota modifikovaných vzoriek a jej percentuálna zmena

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Režim | Teplota [°C] | Hustota m/v [kg.m-3] | Zmena k natívnemu [%] |
| N | – | 683,5 | – |
| 1D | 105 °C | 671,8 | -1,74% |
| 2D | 125 °C | 691,9 | 1,21% |
| 3D | 135 °C | 705,1 | 3,05% |

**výsledky**

Analýzou rozptylu (obr. 4) sa potvrdil trend poklesu drsnosti so zvyšujúcou sa reznou rýchlosťou. Najvyššie hodnoty drsnosti boli namerané pri režime úpravy dreva 2D, najnižšie pri režime úpravy 1D. Pri tomto režime bol zaznamenaný aj pokles hustoty modifikovanej vzorky oproti prírodnej o 1,74 %. Pokles drsnosti povrchu Ra je možné vysvetliť podľa teórie frézovania (Siklienka *et al*. 2017), keď sa so zvyšujúcou frekvenciou otáčania nástroja vytvárajú menšie mikronerovnosti. Za štatisticky nevýznamný vplyv reznej rýchlosti na vyšetrovaný parameter nerovnosti povrchu možno však označiť zmenu zo 40 na 60 m.s-1, keď pravdepodobnosť podobnosti súboru údajov bola 34,7 % (podľa Duncanovho testu), čo je nad hranicou 5 %. K výsledku malého alebo žiadneho štatisticky významného vplyvu reznej rýchlosti na kvalitu povrchu pri rovinnom frézovaní termicky modifikovaného smrekového dreva s trendom znižovania parametra Ra zvyšovaním reznej rýchlosti dospeli aj (Korčok *et al*. 2020 a 2017, Kvietková *et al*. 2015).



Obr. 4 Analýza rozptylu závislosti drsnosti na reznej rýchlosti a režime úpravy dreva

**záver**

Na základe ďalšieho výskumu vplyvu technologických parametrov frézovania termicky modifikovaného dreva sýtou vodnou parou na energetickú náročnosť a kvalitu vytvoreného povrchu a tiež na základe porovnania s výsledkami frézovania modifikovaného dreva inými technológiami bude možné stanoviť optimálne parametre procesu frézovania. Doteraz publikované výsledky uvádzajú ako najviac štatisticky významný faktor uhol čela rezného nástroja a následne reznú rýchlosť.

**literatúra**

BENGTSSON, C., JERMER, J., CLANG, A., EK-OLAUSSON, B. 2003. Investigation of some technical properties of heat-treated wood. In *Proceedings of the International Research Group on Wood Preservation*, 18. – 23. May 2003, Brisbane, Australia, No. IRG/WP 03-40266.

DZURENDA, L. DELIISKI, N. 2010. *Tepelné procesy v technológiách spracovania dreva*. Technická univerzita vo Zvolene. 274 s. ISBN 978-80-228-2169-8

KAPLAN, L., KVIETKOVÁ, MS., SIKORA, A., SEDLECKÝ, M. 2018. Evaluation of the effect of individual parameters of oak wood machining and their impact on the values of waviness measured by a laser profilometer. In *Wood Research* 63(1), 127-140

KOKUTSE, A.D., STOKES, A., BAILLÉRES, H., KOKOU, K., BAUDASSE, CH. 2016. Decay resistance of togolese teak (Tectona grandis L.f) heartwood and relationship with colour. Trees 20(2), 219-223. DOI: 10.1007/s00468-005-0028-0

KORČOK, M., KOLEDA, P., BARCÍK, Š., OČKAJOVÁ, A., KUČERKA, M. 2020. Effect of technological and material parameters on final surface quality of machining when milling thermally treated spruce wood. In *Bioresources*, no. 4, 2019. Pp. 10004-10013. ISSN: 1930-2126.

KORČOK, M., VANČO, M., MAZÁŇ, A., BARCÍK, Š., RUDAK, P., KMINIAK, R. 2017. Influence of thermal modification of oak wood on final surface quality after plane milling, *Acta Facultatis Technicae*, XXII, (2): 103–112, Zvolen, Technical University in Zvolen ISSN 1336-4472

KVIETKOVÁ M., GAFF M., GAŠPARÍK, M., KAPLAN, L., BARCÍK, Š. 2015. Surface quality of milled birch wood after thermal treatment at various temperatures. BioResources 10(4), 6512-6521. DOI:10.15376/biores.10.4.6512-6521 ISSN: 1930-2126.

SANDBERG, D., KUTNAR, A. 2016. Thermally modified timber: recent developments in Europe and North America. Wood and fiber Science: journal of the Society of Wood Science and Technology 48, 28-39

SIKLIENKA, M., KMINIAK, R., ŠUSTEK, J., JANKECH, A. 2017. *Delenie a obrábanie dreva. 1. vyd.* Zvolen, Technical University in Zvolen, 357 s. ISBN 978-80- 228-2618- 1

*Príspevok vznikol vďaka podpore projektu APVV-20-0403, “FMA analýza potenciálnych signálov vhodných pre adaptívne riadenie nestingových stratégií frézovania aglomerátov na báze dreva,“ projektu APVV 17/0456 “Termická modifikácia dreva sýtou vodnou parou za účelom cielenej a stabilnej zmeny farby drevnej hmoty,“ a v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Národná infraštruktúra pre podporu transferu technológií na Slovensku II, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.*

**Kontaktná osoba:**

doc. Ing. Peter Koleda, PhD., e-mail: peter.koleda@tuzvo.sk

**MOŽNOSTI VYUŽITIA ROZŠÍRENEJ REALITY pre zJEDNODUŠenie PRENOSU INFORMÁCIÍ VO vZŤAhu VÝROBCA – UŽÍVATEĽ**

Mária Hrčková1, Pavol Koleda1, Martin Pinka2

*1 KVAT, FT, TU Zvolen, Študentská 26, 960 53 Zvolen, Slovensko, hrckova@tuzvo.sk*

*2 FT, TU Zvolen, Študentská 26, 960 53 Zvolen, Slovensko*

**Kľúčové slová:** rozšírená realita, aplikácia, čerpadlo, montáž

**úvod**

Rozšírená realita je technológia, ktorá dopĺňa reálny svet o prvky, vytvorené virtuálne (3D model, informácie, animácie, hologram alebo audio), čím pozmeňuje vnímanie reality (Rebbani et al. 2021) (Valiauga 2020). Pre správne fungovanie technológie rozšírenej reality je nevyhnutná vzájomná kooperácia prvkov: hardvér, softvér a aplikácia (Chen 2019). V príspevku sme sa zamerali na využitie rozšírenej reality v procese zaškolenia personálu, komunikácie so zákazníkom, kontroly súčiastok a v procese montáže a demontáže výrobkov, prípadne ich údržby.

**materiál a metódy**

1. **Výber objektu**

Čerpadlo SPIRAM 150 bolo vybrané na vytvorenie aplikácie v rozšírenej realite z viacerých dôvodov. Dosiahnutie zvýšenia prehľadnosti a zrozumiteľnosti výroby dielov čerpadla v priebehu výrobného procesu prostredníctvom 3D modelov jednotlivých súčiastok. Zjednodušenie a sprehľadnenie práce so samotným čerpadlom a jeho jednotlivými súčiastkami. Jednoduché a názorné zobrazenie samotnej montáže a demontáže čerpadla.

1. **Výber prostredia na vytvorenie aplikácie**

Vzhľadom na skúsenosti s prácou v programe Creo Parametric od firmy PTC sme na tvorbu 3D modelov využili tento CAD program. Firma PTC má k dispozícií aj výkonný program pre prácu s rozšírenou realitou Vuforia Studio. Vzhľadom na to, že sme aplikáciu vytvárali pre mobilný telefón, vybrali sme si programovú platformu Unity.

**výsledky A DISKUSIA**

1. Tvorba CAD modelu

Pri tvorbe 3D modelu čerpadla SPIRAM 150 sme vychádzali z vstupných parametrov: priechodnosť (priemer sania) a výtlak (výška, do ktorej má čerpadlo vytlačiť prepravované médium). Následne sme jednotlivé diely čerpadla navrhli v Creo Parametric. Zo všetkých dielov bola prostredníctvom pohybových a pevných väzieb vytvorená zostava čerpadla.

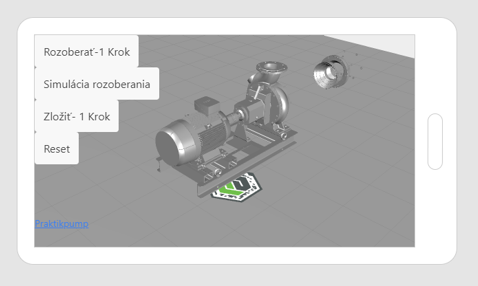
1. **Tvorba aplikácie na prehliadanie dielov čerpadla**

Pri tvorbe aplikácie rozšírenej reality sme použili programy Unity a Vuforia. S rozšírenou realitou sme pracovali na základe markerov (Novak-Marcinčin et al. 2012).

1. Tvorba aplikácie na ukážku montáže čerpadla

Aplikácia bola vytvorená za účelom uľahčenia údržby a montáže čerpadla SPIRAM 150. Po zadefinovaní základného markeru a nastavenia sekvencie skladania, sme vytvorili používateľské rozhranie pre bežných užívateľov aplikácie (Obrázok 1).

1. Test aplikácie

Vytvorenú aplikáciu sme nainštalovali na zariadenie s operačným systémom Android. Ako prvé sme skontrolovali 3D modely jednotlivých dielov čerpadla a ich umiestnenie voči markerom. V ďalších testoch sme sledovali marker, jeho natáčanie, polohu a vzdialenosť. Nezistili sme žiadne chyby.

Obrázok 1 Používateľské rozhranie

**záver**

Výsledkom návrhu je aplikácia, ktorá nám zobrazí 3D modely súčiastok čerpadla SPIRAM 150 a simuluje postup montáže a demontáže čerpadla. Pri tvorbe aplikácie sme využili produkty spoločnosti PTC (Creo a Vuforia Studio) a spoločnosti Unity Technologies (Unity Personal). Hotová aplikácia našla svoje využitie pri údržbe uvedeného čerpadla. V ďalšom štádiu sa predpokladá, na základe požiadaviek z praxe, doplnenie aplikácie tak, aby zahŕňala všetky série čerpadiel SPIRAM. Výrazným prínosom by bola aj jej úprava v tom zmysle, aby reagovala na rôznu polohu a gestá rúk.

**literatúra**

CHEN, R. 2019. Augemented reality (AR): How does it work?, [online, 11.8.2022]. https://www.constructdigital.com/insight/how-does-augmented-reality-ar-work.

NOVÁK-MARCINČIN, J.; BARNA, J.; JANÁK, M. 2012. Využívanie Open Source nástrojov pri aplikácii rozšírenej reality v technológii montáže (1). ATP Journal Vol: 2, 2012. pp: 42-45.

REBBANI, Z.; AZOUGAGH, D.; BAHATTI, L.; BOUATTANE, O. 2021. Definitions and applications of augmented/virtual reality: International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, Volume 9. No. 3, 2021, https://doi.org/10.30534/ijeter/2021/21932021.

VALIAUGA, P. 2020. Ako rozšírená a zmiešaná realita zapadajú do priemyslu 4.0, ATP Journal, [online, navštívené 12.8.2022]. Dostupné na: https://www.atpjournal.sk/rubriky/prehladove-clanky/ako-rozsirena-azmiesana-realita-zapadaju-dopriemyslu4.0.html?page\_id=31011.

Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia projektu VEGA 1/0791/21: Výskum bezkontaktnej metódy analýzy drobných a prachových častíc vznikajúcich vo výrobnom procese s predikciou negatívnych vplyvov prachových častíc.

Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia projektu KEGA 006STU-4/2021: Progresívna forma interdisciplinárneho vzdelávania a podpory rozvoja štúdia odborných predmetov v univerzitnom prostredí.

**Kontaktná osoba:**

Ing. Mária Hrčková, PhD., tel.: +421 45 5206 565, e-mail: hrckova@tuzvo.sk

**dopredná kinematika pri riešení polohy koncového bodu manipulátora**

Mária Vargovská1, Elena Pivarčiová1, Lukáš Hatala1

*1Technická univerzita vo Zvolene, Katedra výrobnej a automatizačnej techniky, Fakulta techniky, TU vo Zvolene, T.G. Masaryka, č.24, 96001, Zvolen, Slovensko, maria.vargovska@tuzvo.sk*

**Kľúčové slová:** dopredná kinematika, manipulátor, manipulácia,výuková metodika

**úvod**

Technologický vývoj v dnešnej dobe je veľmi rýchly. Zvýšené požiadavky sú kladené na vysokú efektivitu procesu. Tento trend rozvíja aj manipulátory, na ktoré sú kladené vysoké nároky, či už z hľadiska presnosti, kapacity a variability pohybu samotného manipulátora. Aby sme začali od začiatku, je dôležité definovať dva pojmy, a to automatizáciu a mechanizáciu.

Automatizácia - technický úsek, ktorý sa zaoberá riadením procesov (technologických procesov). Technologický postup môže byť akýkoľvek. (JURIŠICA, L., HUBA M. 2002)

Mechanizácia - náhrada, teda uľahčenie mechanizmov pohybu človeka. Príkladom je použitie bagra namiesto manuálneho kopania lopatami. Zdvihy záťažových lán sú nahradené zdvihmi cez kladkostroje. (JURIŠICA, L., HUBA M. 2002)

Nesmierne dôležité práve pri manipulátoroch ale o to viac pri robotoch je znalosť polohy koncového bodu od minimálneho až po maximálny rozsah. V tomto dokáže byť nápomocná práve dopredná kinematika, ktorá pomocou maticového zápisu, dokáže pri definovaní vstupných parametrov ako aj vedľajších podmienok určiť presné súradnice.

**materiál a metódy**

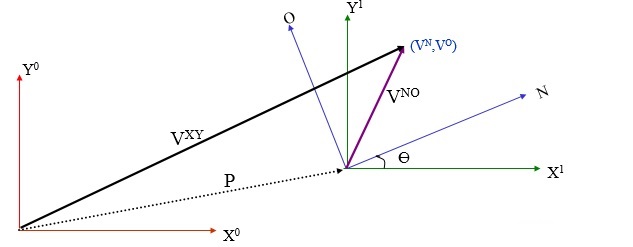
Väčšina robotických manipulátorov sú silné pevné zariadenia s výkonnými motormi, silnými prevodovými systémami a veľmi presnými modelmi dynamickej odozvy.

Manipulátor podáva úplné informácie podľa polohy a orientácie. (SAEED B. NIKU 2010)

Predpokladajme, že máme manipulátor, ktorého konfigurácia je známa. To znamená, že sú známe všetky dĺžky článkov a uhly kĺbov robota. Výpočet polohy a orientácie ruky manipulátora sa nazýva dopredná kinematická analýza. (APPIN KNOWLEDGE SOLUTIONS 2010)

Zaujímajú nás dve kinematické témy

Dopredná kinematika (uhly k polohe)



Obr.1. Posun pozdĺž p nasledovaný rotáciou o Ɵ Px, Py sú posunuté od pôvodnému súradnicového systému. Posun nasledovaný rotáciou je iný ako rotácia nasledovaná posunom.

Fig.1. Translation along p followed by rotation by Ɵ

Px, Py are relative to the original coordinate frame. Translation followed by rotation is different than rotation followed by translation.

Riešenie dopredného kinematického problému spočíva v určení polohy plošiny pre daný súbor vypočítaných súradníc. Toto riešenie je potrebné na účely riadenia, kalibrácie a plánovania pohybu. (SICILIANO, B., KHATIB, O. 2008)

(1)

Zapíšeme to všetko do Matice:

Čo sme zistili pri posunutí a otáčaní.

Výplň s 0 a 1:

(2)

Zjednodušenie maticového zápisu:

(3)

Homogénna matica v rovine XY, po ktorej nasleduje rotácia okolo osi z:

(4)

Rotačné matice v 3D sú v poriadku, ďalším krokom bude návrat z homogénnej matice:

Rotácia okolo osi Z

(5)

Rotácia okolo osi Y

(6)

Rotácia okolo osi X

(7)

Homogénne matice v 3D

(8)

(9)

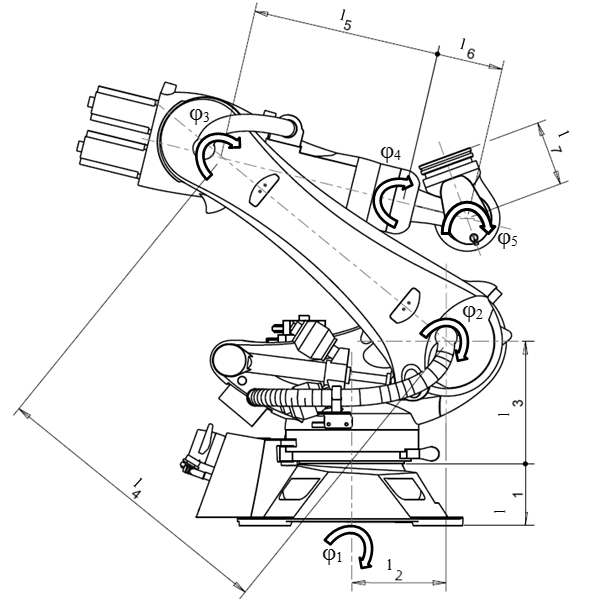
Rotačná časť:

Môže ísť o rotáciu okolo osi z, osi x, osi y alebo kombináciu troch osí.

Najrýchlejšie metódy, aj keď nie sú vhodné na použitie v reálnom čase, sú Gröbnerove bázy a intervalová analýza. Ich výhodou je aj číselná certifikácia.

**výsledky**

Bez ohľadu na príčiny pohybu neboli skúmané akčné sily. Maticové záznamy sú pohyby, ktoré vychádzajú z obr.4.



Obr.2. Rozmery a uhly pre kinematiku

Fig.2. Dimensions and angles for kinematic

Písanie pohybov a rotácií čiastočne s vysvetlením:

(10)

Jednotlivé čiastkové matice popisujú posunutia a rotácie v osiach a okolo osí X,Y, Z.

Po zjednodušení:

(11)

Finálne znenie maticového zápisu bude mať podobu:

(12)

**záver**

Riešenie automatického pneumatického manipulátora v článku uvádza čitateľa do oblasti automatizácie a manipulácie.

Značná časť článku je venovaná kinematike pneumatického manipulátora, ktorý je určený na rýchlu a spoľahlivú výmenu nástrojov, čím zvyšuje efektivitu technologického procesu. Pomocou doprednej kinematiky bol stanovený konečný zápis daného manipulátora pri presnej definícii, jeho počiatočných podmienok, to jest, počet osí miesta otáčania, minimálna maximálna dĺžka posunutí.

**Literatúra**

Hatala, L. (2014) Automatic pneumatic manipulator. (In Slovak: Automatický pneumatický manipulátor). Diploma thesis. Technical university in Zvolen. Faculty of environmental and manufacturing Technology. pp92. Supervisior: Mária Krajčovičová.

Jurišica, L., Huba, M. (2002) Úvod do automatizácie, Slovenská technická univerzita, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Rozvojový projekt 2002, Ministerstva školstva Slovenskej republiky

Manas, M. (1991) Základy robotiky, Brno: VUT Brno, ISBN: 80-214-0279-2

Monkman, G. J., Hesse, S., Steinmann, R., Schunk, H. (2007) Robot Grippers, Weinheim: Wiley-VCH-Verl., 452 p., ISBN 978-3-527-40619-7

Velíšek, K., Katalinič, B., Javorová, A. (2006) Priemyselné roboty a manipulátory, 1. vydanie, Bratislava, Vydavateľstvo STU v Bratislave, 183 p., ISBN 80-227-2492-0

Wolf, A., Steinmann, R., Schunk, H. (2005) Grippers in Motion: The Fascination of Automated Handling Tasks, Springer, 242 p., ISBN 978-3-540-27718-7

http://www.kukarobotics.com/czech\_republic/cs/products/industrial\_robots/hig/prime/kr240r2500\_ prime/start.htm.

http://www.mekemmakina.com.tr/uploads/pdf/48.pdf.

http://www.fanucrobotics.cz/cs/products/a\_industrial-robots/r-2000\_series/r-2000ib%20250f#.

http://www05.abb.com/global/scot/scot241.nsf/veritydisplay/454bd802ebbeb834c1257bf30029a1ab/ $file/ROB0001EN\_F.pdf.

http://fm.tnuni.sk/files/B%20%20U%C4%8Debnica%20fini%20%C4%8Casti%20strojov%20I.pdf.

http://www.sos.sk/?str=371&artnum=13243&name=diotec-kbpc10-15-2506fp#tabs-6.

https://books.google.com.tw/books?id=6NFe-\_OfliUC&pg=PA220&dq=forward+kinematic&hl=sk&sa=X&ei=WBn4VJbuPIPV8gWHxIHQDw&ved=0CCsQ6AEwAjgK#v=onepage&q=forward%20kinematic&f=false.

https://books.google.com.tw/books?id=4ddJBgAAQBAJ&pg=PA272&dq=forward+kinematic&hl=sk&sa=X&ei=Dxn4VNb3Cpbo8AXg24LgDA&ved=0CCMQ6AEwATgK#v=onepage&q=forward%20kinematic&f=fals.

https://books.google.com.tw/books?id=2V4aGvlGt7IC&pg=RA1-PA59&dq=forward+kinematic&hl=sk&sa=X&ei=JRj4VKKoB9Pe8AX0Fg&ved=0CDEQ6AEwAw#v=onepage&q=forward%20kinematic&f=false.

*Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia vedeckého grantového projektu KEGA 006STU-4/2021 project: "Progressive form of interdisciplinary education and support for the development of the study of vocational subjects in the university environment".*

**Kontaktná osoba:**

Ing. Mária Vargovská, PhD., tel.: +421 45 5206 575, e-mail: maria.vargovska@tuzvo.sk

**Optická experimentálna Metóda zisťovania prašnosti ovzdušia**

Pavol Koleda1, Martina Gondová2

*1Katedra výrobnej a automatizačnej techniky, Fakulta techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 01, Zvolen, Slovenská republika, pavol.koleda@tuzvo.sk*

*2Katedra výrobnej a automatizačnej techniky, Fakulta techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 01, Zvolen, Slovenská republika,*

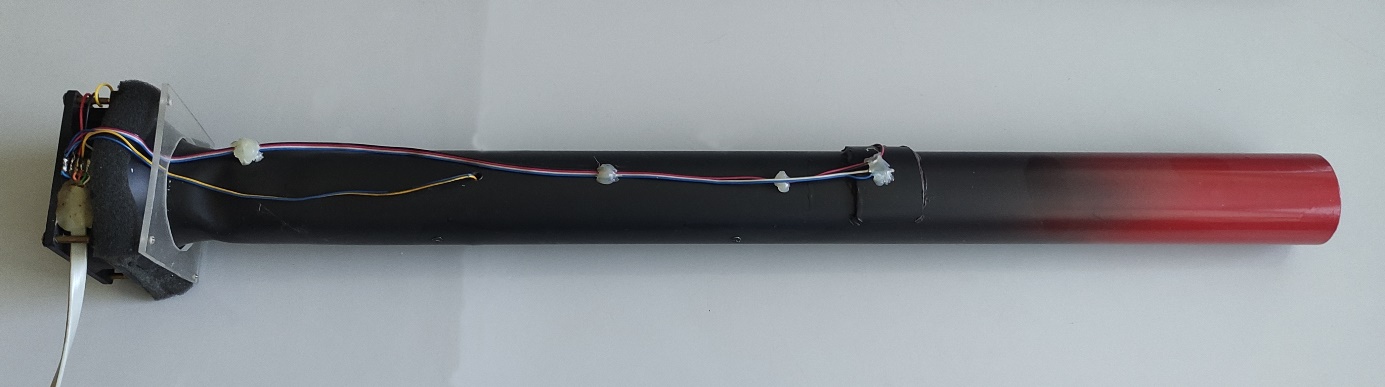
**Kľúčové slová:** AT Mega 32, prašnosť, vlhkosť, optický senzor.

**úvod**

Zvýšená koncentrácia tuhých látok, ako je polietavý prach, môže spôsobovať u ľudí vážne zdravotné problémy. Pôvod týchto látok môže byť v rôznych technologických procesoch, ale môže mať aj prírodný charakter. Jedným z najviac sledovaných fyzikálnych faktorov pracovného prostredia je množstvo prachu v ovzduší, resp. koncentrácia tuhých znečisťujúcich látok v ovzduší. Ich zvýšená koncentrácia prestavuje problém nie len pre ľudí, ktorým spôsobuje vážne zdravotné problémy, ale aj pre celé ekosystémy.

**materiál a metódy**

Pre zisťovanie prašnosti bol zhotovený experimentálny model optického analyzátora prachových častíc v ovzduší (obrázok 1).



Obr. 1 Experimentálny model na meranie prašnosti

Model pozostáva z PVC rúry dlhej 600 mm s priemerom 50 mm. Jeden koniec rúry je rozšírený a je naň pripevnený ventilátor typu D80SH-12 s napájaním 12 V a má rozmery 80x80 mm. Ventilátor slúži na nasávanie okolitého vzduchu do rúry, v ktorej je umiestnený optický senzor na meranie prašnosti. Merací senzor a napájanie vetilátora sú pripojené pomocou kábla k procesorovej jednotke (obrázok 2), ktorá vyhodnocuje merania.



Obr. 2 Procesorová jednotka

**výsledky**

Merania boli vykonávané počas dňa pri rôznom počasí. Najvyššia prašnosť bola zistená počas technologickej činnosti. Výsledky sú zobrazené na obrázku 3.



Obr. 3 Zistené prašnosti ovzdušia počas rôzneho počasia

Z nameraných údajov sme dospeli k záveru, že najmenšia koncentrácia prachu v ovzduší a najbezpečnejšie podmienky pre ľudský organizmus je za podmienok pri ustálenom počasí. Naopak, najmenej vhodné podmienky pre zdravie človeka sú počas dňa pri aktívnych technologických činnostiach.

**záver**

Škodlivé účinky prachu na zdravie človeka sú veľmi široké. Veľkosť ich vplyvu závisí hlavne od ich koncentrácie, podmienkach a dobe pôsobenia. Z nameraných údajov sme dospeli k záveru, že najmenšia koncentrácia prachu v ovzduší a najbezpečnejšie podmienky pre ľudský organizmus je za podmienok pri ustálenom počasí. Naopak, najmenej vhodné podmienky pre zdravie človeka sú počas dňa pri aktívnych technologických činnostiach v blízkom okolí merania.

**literatúra**

Frank, T. 2006. Programovanie mikroprocesorov AVR v jazyku C. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene. 2006. 85 s. ISBN 80-228-1256-2.

Jesenák, J. 2008. Analýza veľkosi častíc. Univerzita Komenského v Bratislave. 2008. SBN 978-80-223-2464-9.

Kelemen, M., Maťašovská, T. 2005. Meranie koncentrácie prachu v prostedí. In: Automa 12/2004. FCC Public, Praha. 2004.

Lukáčová, K., Liptai, P., Piňosová, M. 2007. Súčasné metódy merania koncentrácie prachu v ovzduší. Strix et Vev, Žilina, 2007. 641 s. ISBN 978-80-89281-18-3.

*Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia vedeckého grantového projektu VEGA 1/0791/21 „Výskum bezkontaktnej metódy analýzy drobných a prachových častíc vznikajúcich vo výrobnom procese s predikciou negatívnych vplyvov prachových častíc“,  grantového projektu APVV-20-0403* *"* *FMA analýza potenciálnych signálov vhodných pre adaptívne riadenie nestingových stratégií frézovania aglomerátov na báze dreva" a projektu KEGA 006TU Z-4/2020 „Využitie inovatívnych prístupov na zvýšenie kvality vzdelávania v študijných odboroch Lesníctvo a poľovníctvo prostredníctvom e-learningového výkladového slovníka slovenskej a nemeckej terminológie používanej v poľovníctve“.*

**Kontaktná osoba:**

Ing. Pavol Koleda, PhD., tel.: +421 45 5206 570, e-mail: pavol.koleda@tuzvo.sk

**Vplyv nástroja na vibrácie obrobku pri analýze vibrácií ako signál pre adaptívne obrábanie MDF**

Áron Hortobágyi1, Peter Koleda2

*1Technická univerzita vo Zvolene, Katedra výrobnej a automatizačnej techniky, Fakulta techniky, Ul. T. G. Masaryka 24, 960 01, Zvolen, Slovenská republika, xhortobagyi@tuzvo.sk*

*2Technická univerzita vo Zvolene, Katedra výrobnej a automatizačnej techniky, Fakulta techniky, Ul. T. G. Masaryka 24, 960 01, Zvolen, Slovenská republika, peter.koleda@tuzvo.sk*

**Kľúčové slová:** MDF, adaptívne riadenie, CNC, nestingové frézovanie

**úvod**

Tento príspevok je zameraný na výskum vibrácií ako potenciálny signál pre adaptívne riadenie nestingového obrábania drevovláknitých dosiek. Pri obrábaní dreva a jeho kompozitov existuje veľké množstvo faktorov ktoré vplývajú na výsledné vibrácie. Jedným z nich je voľba nástroja. V tomto príspevku je porovnávaný vplyv na výsledné merania.

Výskumu adaptívneho riadenia pre proces frézovania sa venovali (Huang et al., 2010), s využitím neurónových sietí (Zuperl, Cus, 2011), vysokorýchlostnej interpolácie (Zhang et al., 2011), schémou servopohonu s uzavretou riadiacou slučkou (Ye, Hu, 2012) a s použitím diskrétnych algoritmov na princípe sigmoidnej funkcie pre zmenu rýchlosti posuvu (Wang, Cao, 2012). Riešilo sa viacero tém, ako napríklad zavedenie štandardov STEP a STEP-NC (Ridwan, Xu, 2013) na umožnenie optimalizácie pri obrábaní, adaptívne riadiace systémy pre vŕtačky boli vyvinuté v C++ (Mikolajczyk et al., 2013) , ale riešilo sa aj aktívne riadenie vibrácií CNC fréz (Ford et al., 2013).

V rámci adaptívneho riadenia je väčšina publikácií zameraná na kovoobrábanie, ale riešil sa aj proces frézovania dreva a jeho kompozitov, výsledkom čoho bol návrh adaptívneho riadenia procesu drážkovania v závislosti od opotrebovania materiálu (Ohuchi et al., 2006). V rámci spracovania dreva bol vývoj smerovaný na adaptívne riadenie reagujúce na opotrebovanie nástroja pri frézovaní MDF dosiek s využitím strojového videnia (Laszewicz et al., 2013).

**materiál a metódy**

Meranie prebiehalo v laboratóriách Technickej univerzity vo Zvolene na CNC centre SCM Tech Z5 Höchsmann.

Na pokusy bola použitá MDF doska narezaná na rozmer 500 x 300 x 18 mm. Doska bola uchopená na štyroch vákuových prísavkách s rozmermi 120 x 120 mm a s upínacou silou 16 kg/cm2.

Na meranie vibrácií bola použitá súprava 3-výstupového rozhrania NVH picoscope s dvoma akcelerometrami TA143 MEMS. Akcelerometre boli magneticky upnuté na prísavky (obr. 1 a). Pikoskop umožňoval súčasné meranie štyroch osí. Tieto boli farebne označené, ako je znázornené na (obr. 1 b). Rozloženie prísaviek je možné vidieť na (obr. 1 c).

A picture containing graphical user interface

Description automatically generated

Obr. 1 a) prísavka s upnutým akcelerometrom, b) zapojenie meraných osí, c) označenie prísaviek, P1 – P4 – prísavky, N – smer pohybu nástroja

Fig. 1 gripper with attached accelerometer, b) connection of measured axes, c) marking of grippers, P1 – P4 – grippers, N – direction of tool movement

Vzorky boli prefrézované stredom, smer nástroja je zobrazený na (obr. 1 c). Merania boli trikrát opakované pri otáčkach n = 20 000/min, najskôr so špirálovou frézou s posuvnou rýchlosťou vf = 10m/min, následne diamantovou frézou s posuvnou rýchlosťou vf = 6m/min.

Merané boli osi x a z na prísavke 4 a os x na prísavke 3. Výsledky boli následne spracované fourierovou transformáciu v programe Maltlab.

**výsledky**

Amplitúdy nameraných vibrácií sú zobrazené na (obr. 2). Os x je zobrazená modrou farbou, os z zelenou.

**Graphical user interface, chart

Description automatically generated**

Obr. 2. Amplitúdy nameraných vibrácií pri a) špirálovej fréze a b) diamantovej fréze.

Fig. 2. Amplitudes of measured vibrations with a) spiral mill and b) diamond mill.

Na obr. 2a sú najväčšie amplitúdy na začiatku - pri vniku nástroja do materiálu, uprostred, kde je najväčšia vzdialenosť medzi nástrojom a prísavkami a na konci obrábania, kde nástroj z materiálu vychádza. Na obr. 2b je zmena amplitúd v čase oveľa menej zreteľná. Priebeh vibrácií v osi x je podobný priebehu na obr. 2a.

Následne sa pomocou Fourierovej transformácie určili zložky frekvencií a ich jednofázové amplitúdové spektrum P1(f), zobrazené v tab. 1.

Tabuľka 1. Spektrálna analýza nameraných amplitúd.

Table 1. Spectral analysis of measured amplitudes.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Špirálová fréza, vf 10m/min | **X (P4)** | | **Y (P4)** | | **X (P3)** | |
| **f [Hz]** | **P1(f)** | **f [Hz]** | **P1(f)** | **f [Hz]** | **P1(f)** |
| 664.52 | 19.33 | 332.42 | 35.19 | 332.42 | 15.48 |
| **996.62** | **50.61** | 664.52 | 62.78 | 664.52 | 30.05 |
| 1328.71 | 13.86 | **996.62** | **63.00** | **996.29** | **52.17** |
| 1339.52 | 11.20 | 1338.21 | 5.88 | 1328.38 | 5.40 |
| Diamantová fréza,  vf 6m/min | **X (P4)** | | **Y (P4)** | | **X (P3)** | |
| f [Hz] | P1(f) | f [Hz] | P1(f) | f [Hz] | P1(f) |
| 332.39 | 8.83 | 332.39 | 46.44 | 332.21 | 15.30 |
| **664.60** | **66.75** | **664.78** | **209.85** | **664.78** | **173.31** |
| 996.99 | 29.06 | 996.82 | 20.71 | 996.99 | 17.27 |
| 1329.03 | 17.57 | 1328.68 | 5.99 | 1329.38 | 9.39 |
| 1661.59 | 8.87 | 1994.15 | 6.37 | 1661.59 | 6.87 |

V tab. 1 môžeme vidieť, že hlavné zložky frekvencií predstavujú 332 Hz a ich násobky. Môže ísť o odozvy z rotácie nástroja. Najvyššie hodnoty amplitúdového spektra sú dosiahnuté pri rozličných frekvenciách. Pre špirálovú frézu ide o 996 Hz, kým pri diamantovej fréze ide o 662 Hz.

**záver**

Výsledkom meraní bol priebeh amplitúd na obr. 2 a ich spektrálna analýza v tab.1. V priebehu amplitúd je viditeľný rozdielny priebeh. To bol pri rozdielnom počte rezných hrán a rozdielnej geometrii nástroja očakávaný výsledok. Pri spektrálnej analýze boli určené podobné zložky frekvencií, boli však odlišné vo veľkosti amplitúdového spektra.

Dá sa zhodnotiť, že vo výskume vibrácií obrobku ako potenciálneho signálu pre adaptívne riadenie bude potrebné pristupovať ku každému nástroju samostatne a jeho vplyv by nebolo vhodné považovať za zanedbateľný.

**literatúra**

FORD, D., MYERS, A., HAASE, F., LOCKWOOD, S., LONGSTAFF, A. (2013). Active vibration control for a CNC milling machine. In *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science,* [online] vol. 228(2), p. 230‑245. Available at: doi:10.1177/0954406213484224 [cit. 25. 4. 2022].

LASZEWICZ, K., GÓRSKI, J., WILKOWSKI, J. (2013). Long-term accuracy of MDF milling process—development of adaptive control system corresponding to progression of tool wear. *European Journal of Wood and Wood Products*, [online] Vol. 71(3), p. 383‑385. Available at: doi:10.1007/s00107-013-0679-2 [cit. 29. 3. 2022].

OHUCHI, T. AND MURASE, Y. (2006). Milling of wood and wood-based materials with a computerized numerically controlled router V: development of adaptive control grooving system corresponding to progression of tool wear. *Journal of Wood Science*, [online] Vol. 52(5), p. 395‑400. Available at: doi:10.1007/s10086-005-0779-7 [cit. 1. 2. 2022].

ZUPERL, U. – CUS, F. 2011. System for off-line feedrate optimization and neural force control in end milling. In *International Journal of Adaptive Control and Signal Processing*, vol. 26, no. 2, p. 105-123. doi:10.1002/acs.1277

HUANG, P. B. ET AL. 2010. An in-process adaptive control of surface roughness in end milling operations. In *International Conference on Machine Learning and Cybernetics*. doi:10.1109/icmlc.2010.5580906 [cit. 18. 8. 2022]

ZHANG, L. ET AL. 2011 High speed interpolation for micro-line trajectory and adaptive real-time look-ahead scheme in CNC machining. In *Science China Technological Sciences*, vol. 54, no. 6, p. 1481-1495. doi:10.1007/s11431-011-4329-9 [cit. 11. 6. 2022]

YE, H. C. – HU, Y. M. 2012. Study of Self-Adaptive Control System in CNC Machine. In *Applied Mechanics and Materials*, vol. 271-272, p. 504‑508. doi:10.4028/www.scientific.net/amm.271-272.504 [cit. 2. 9. 2022]

HAN, Z. Y. – WANG, Y. Z. – FU, H. Y. 2007. Development of a PC-based open architecture software-CNC system. In *Chinese Journal of Aeronautics*, vol. 20, no. 3, p. 272‑281. [cit. 20. 8. 2022]

RIDWAN, F. – XU, X. 2013. Advanced CNC system with in-process feed-rate optimisation. In *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 29, no. 3, p. 12‑20. doi:10.1016/j.rcim.2012.04.008 [cit. 11. 6. 2022]

MIKOLAJCZYK, T. – OLARU, A. – KRAINSKI, P. 2013. Adaptive Control System for Drill Machine. In *Applied Mechanics and Materials*, vol. 436, p. 445‑450. doi:10.4028/www.scientific.net/am [cit. 20. 8. 2022]

*Príspevok vznikol vďaka podpore projektu APVV-20-0403, “FMA analýza potenciálnych signálov vhodných pre adaptívne riadenie nestingových stratégií frézovania aglomerátov na báze dreva“ a v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Národná infraštruktúra pre podporu transferu technológií na Slovensku II, spolufinancovaný zo zdrojov Európ skeho fondu regionálneho rozvoja.*

**Kontaktná osoba:**

Ing. Áron Hortobágyi, tel.: +421 455 206 566, e-mail: xhortobagyi@tuzvo.sk