



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-18-0316

Výskum a vývoj kompozitných materiálových konfigurácií s pokročilými vlastnosťami pre aplikácie vo výrobných stojoch

Zodpovedný riešiteľ **doc. Ing. Zuzana Murčinková, PhD.**

Príjemca

Technická univerzita v Košiciach - Fakulta výrobných technológií, Prešov

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Fakulta výrobných technológií so sídlom v Prešove, Technická univerzita v Košiciach

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Faculty of Mechanical Engineering and Computer Science, Czestochowa University of Technology, Poľsko

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Pollák, M., Török, J. Tlačová hlava pre kompozitnú aditívnu výrobu na rameno robota. - Banská Bystrica: 2022. - 6 s.

<https://wbr.indprop.gov.sk/WebRegistre/UzitkovyVzor/Detail/50067-2021>

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

1. WoS, Q1; Murčinková, Z., Živčák, J., & Sabol, D. (2023). Torsional Vibrations in the Resonance of High-Speed Rotor Bearings Reduced by Dynamic Properties of Carbon Fiber Polymer Composites. *Materials*, 16(9), 3324.

<https://www.mdpi.com/1996-1944/16/9/3324>

2. WoS: Q1; Murčinková, Z., Postawa, P., & Winczek, J. (2022). Parameters Influence on the Dynamic Properties of Polymer-Matrix Composites Reinforced by Fibres, Particles, and Hybrids. *Polymers*, 14(15), 3060. <https://www.mdpi.com/2073-4360/14/15/3060>

3. WoS: Q1; Murčinková, Z., Adamčík, P., & Sabol, D. (2022). Dynamic Response of Components Containing Polymer Composites in the Resonance Region for Vibration Amplitudes up to 5g. *Polymers*, 14(22), 5051. <https://www.mdpi.com/2073-4360/14/22/5051>

4. WoS: Q1; Krenický, T., Olejárová, S., & Servatka, M. (2022). Assessment of the Influence of Selected Technological Parameters on the Morphology Parameters of the Cutting Surfaces of the Hardox 500 Material Cut by Abrasive Water Jet Technology. *Materials*, 15(4), 1381. <https://www.mdpi.com/1996-1944/15/4/1381/htm>

5. WoS: Q2; Maščeník, J., & Coranič, T. (2022). Experimental Determination of the Coefficient of Friction on a Screw Joint. *Applied Sciences*, 12(23), 11987. <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/23/11987>

6. WoS, Q2; Murčinková, Z. - Živčák, J. - Zajac, J. - Adamčík, P.: Passive Multi-Layer Composite Damper of Flat Belt Tensioner Idler. In: *Applied Sciences*. - Bazilej (Švajčiarsko):

- Multidisciplinary Digital Publishing Institute Roč. 11, č. 7 (2021), s. [1-11] [online]. - ISSN 2076-3417 (online), <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/7/3267>
7. WoS, Q2; Török, J. - Töröková, M. - Dupláková, D. - Murčinková, Z. - Duplák, J. - Kašák, J. - Karková, M.: Advanced Configuration Parameters of Post Processor Influencing Tensile Testing PLA and Add-Mixtures in Polymer Matrix in the Process of FDM Technology. In: Applied sciences. - Bazilej (Švajčiarsko): Multidisciplinary Digital Publishing Institute Roč. 11, č. 13 (2021), s. [1-19] [online]. - ISSN 2076-3417 (online)
8. WoS, Q1; Murčinková, Z., Adamčík, P., & Živčák, J. (2021). Re-Design of Machine Tool Joint Components Based on Polymer Fillings for High-Speed Performance. In: Materials, 14(22), 6913. Spôsob prístupu: <https://www.mdpi.com/1996-1944/14/22/6913>
9. WoS, Q1; Gašpár, Š. - Majerník, J. - Kolínsky, J.: Analysis of Causes of Porosity Change of Castings under the Influence of Variable Biscuit Height in the Filling Chamber. In: Materials. - Bazilej (Švajčiarsko) : Multidisciplinary Digital Publishing Institute Roč. 14, č. 22 (2021), s. [1-12] [online]. - ISSN 1996-1944 (online) Spôsob prístupu: <https://www.mdpi.com/1996-1944/14/22/6827>.
10. WoS, Q3; Murčinková, Z. - Živčák, J. - Zajac, J.: Experimental study of parameters influencing the damping of particulate, fibre-reinforced, hybrid, and sandwich composites. International Journal of Materials Research = IJMR : Zeitschrift für Metallkunde. - Munchen (Nemecko) : Carl Hanser Verlag Roč. 111, č. 8 (2020), s. 688-697 [print]. - ISSN 1862-5282, Spôsob prístupu: <https://www.hanser-elibrary.com/doi/abs/10.3139/146.111933>
11. WoS, Q1; Adamčík, P. - Murčinková, Z.: Impulse Response of the Elasto-Hydrodynamic Lubrication Film of a Rolling Bearing to Dynamic Excitation of a Flat Belt Drive. Materials. - Basel (Švajčiarsko) : Molecular Diversity Preservation International Roč. 13, č. 20 (2020), s. [1-13] [online]. - ISSN 1996-1944 (online) Spôsob prístupu: <https://www.mdpi.com/1996-1944/13/20/4533>.
- Najvýznamnejšie vedecké práce publikované v recenzovaných vedeckých časopisoch v zahraničí
12. Olejárová, Š., Krenický, T.: Development of vibrations due to changing spindle speeds during milling, MM Science Journal, October 2022. <https://www.mmscience.eu/journal/issues/october-2022/articles/development-of-vibrations-due-to-changing-spindle-speeds-during-milling>
13. Gašpár, S., Majerník, J., Tupaj, M., Podaril, M.: Comparison of porosity of casts produced by HPDC and VPDC technologies, MM Science Journal, March 2022, DOI: 10.17973/MMSJ.2022_03_2022005
14. Pollák, M., Török, J.: Use of Generative Design Tools in the Production of Design Products using 3D Printing Technology TEM Journal : Technology, Education, Management, Informatics. - Novi Pazar (Srbsko) : Association for Information Communication Technology Education and Science Roč. 11, č. 1 (2022), s. 249-255 [print, online]. - ISSN 2217-8309 https://www.temjournal.com/content/111/TEMJournalFebruary2022_249_255.pdf
15. Vasilko, K. - Murčinková, Z.: Characteristic Curve of the Relation of Cutting Conditions and the Results of Metal Machining. In: Manufacturing Technology. - Ústí nad Labem (Česko): Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem Roč. 21, č. 2 (2021), s. 254-259 [print, online]. - ISSN 1213-2489 Spôsob prístupu: <https://www.journalmt.com/pdfs/mft/2021/02/05.pdf>.
16. Vasilko, K. - Murčinková, Z.: Modification of the Classical Theory of Metalworking. In: Manufacturing Technology. - Ústí nad Labem (Česko) : Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem Roč. 21, č. 3 (2021), s. 405-412 [print, online]. - ISSN 1213-2489
17. Vasilko, K. - Murčinková, Z.: Tool-Workpiece Interaction in the Cutting Process and Its Use. 2021. In: TEM Journal: Technology, Education, Management, Informatics. - Novi Pazar (Srbsko) : Association for Information Communication Technology Education and Science, Roč. 10, č. 4 (2021), s. 1733-1737, Spôsob prístupu: <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=998826>
18. Pollák, M. - Kočiško, M.: Design and Implementation of 3D Printing Using a Universal Printing System on the Robot Arm UR5. In: TEM Journal: Technology, Education, Management, Informatics. - Novi Pazar (Srbsko) : Association for Information Communication Technology Education and Science Roč. 10, č. 4 (2021), s. 1895-1899 [print, online]. - ISSN 2217-8309 Spôsob prístupu: https://www.temjournal.com/content/104/TEMJournalNovember2021_1895_1899.pdf

19. Šmeringaiová, A. Elimination of resonant phenomena adverse effect in the process of experimental operation of gears. In: Manufacturing Technology. 2021;21(6):842-848. doi: 10.21062/mft.2021.087.
- Najvýznamnejšie vedecké monografie (rozsah publikácie min. 3 autorské hárky) v zahraničí
20. Vasilko, K. - Murčinková, Z.: Modification of Tool-Workpiece Interaction Principles in the Cutting Process. Lüdenscheid : RAM-Verlag - 2021. - 96 s. [print]. - ISBN 978-3-96595-002-3.
21. Murčinková, Z.: Dynamic time analysis of glass fiber reinforced polymer – numerical simulation and experiment. In: International Journal of Mechanics. - Salerno (Taliansko): North Atlantic University Union Roč. 14 (2020), s. 94-99 [print]. - ISSN 1998-4448
- Najvýznamnejšie vedecké práce publikované v nerefenzovaných odborných časopisoch a zborníkoch v zahraničí
22. Pollák, M. – Kočiško, M. – Goryl, K.: PLC Control of a 2-Axis Robotic Arm in a Virtual Simulation Environment. In: Advances in Design, Simulation and Manufacturing VI, 6th International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange, DSMIE-2023, June 6–9, 2023, High Tatras, Slovak Republic – Volume 1: Manufacturing Engineering, pp 50-59, ISBN 978-3-031-32766-7.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-32767-4_5
23. Murčinková, Z.: Comparison of vibrations of high-speed bearings driven by flat layer belts. In: International Conference on Advanced Engineering and Technology. - Bristol (Veľká Británia): IOP Publishing s. [1-5] [online]. Spôsob prístupu:
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1117/1/012014/pdf>.
24. Vasilko, K. - Murčinková, Z. - Murčinko, J.: Evaluation of performance of uncoated cemented carbide cutting tools at longitudinal turning at cutting velocity 3-500 mmin and influence of coating. In: 11th International conference on materials processing and characterization. volume 44. - Amsterdam (Holandsko) : Elsevier s. 2575-2580
25. Vasilko, K., Murčinková, Z.: Effect of viscoelastic material in turning tool holder, 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020, 18 - 24 August, 2020, 20(6.1). pp. 41-46, Spôsob prístupu.
<https://www.sgem.org/index.php/elibrary?view=publication&task=show&id=7514>
- Vedecké práce publikované v recenzovanom zborníku vydanom v SR
26. Murčinková Z. (Ed.) Výskum a vývoj kompozitných materiálových konfigurácií s pokročilými vlastnosťami pre aplikácie vo výrobných strojoch, seminár k projektu APVV-18-0316, 4. máj 2023, FVT Prešov, TUKE Košice, 134 s., ISBN: 978-80-553-4395-2.

Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledky projektu, hlavne vo forme vyvinutej metódy redizajnu, možno použiť pre znižovanie amplitúd vibrácií výrobných strojov a zariadení vo výrobných prevádzkach, predovšetkým v oblasti rezonančného pásma, ktoré sa vyznačuje niekoľkonásobne vyššími amplitúdami vibrácií v porovnaní s predrezonančným a porezonančným pásmom. Hlavne v rezonančnom pásme je vplyv materiálového tlmenia neštandardných materiálov s vnútornou konfiguráciou najvyšší. Výsledky projektu prispievajú k teórii materiálového dizajnu kompozitných štruktúrovaných materiálov a ich vnútorného tlmenia a vplyvu na celkovú odozvu mechanických sústav. Zároveň projekt poskytuje metodiku v experimentálnej oblasti pre stanovenie parametrov tlmenia týchto materiálov. Pri experimentálnych meraniach bolo potvrdené, že mazacia vrstva za určitých stanovených podmienok má vysokofrekvenčnú a vysokoenergetickú impulznú odozvu, ktorá sa môže vyskytovať aj u nových ložísk bez poškodenia a extrémne skracuje dobu prevádzky ložiska v porovnaní s teoretickou vypočítanou životnosťou

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Projekt prispel k rozšíreniu súčasného stavu teoretických poznatkov a aplikačných možností v danej oblasti. Hlavným prínosom projektu je vyvinutá metóda redizajnu spočíva v modifikácii dynamických vlastností existujúcich komponentov výrobných strojov, resp. mechanických sústav. Jej výhodou sú krátky čas a nízke náklady na implementáciu v porovnaní s vývojom a výrobou nových komponentov alebo funkčných celkov výrobných strojov a zariadení. Ide o výplň dutín existujúcich komponentov alebo dutín vzniknutých medzi komponentami časticovými polymérnymi kompozitnými materiálmi alebo polymérmi.

Okrem výplne dutín metóda redizajnu môže byť aplikovaná vo forme pridania štruktúrovaného kompozitu s určitou konfiguráciou na niektorý/é povrch/y komponentu/ov. Pridaný materiál sa stáva v prevádzke pasívnym tlmičom mechanickej sústavy. Takto vznikne objemová kompozitná materiálová štruktúra, ktorej makroskopická konfigurácia je daná umiestnením vyplnených dutín a/alebo prídavného štruktúrovaného kompozitu na povrchu. Aplikovali sme neštandardné konštrukčné materiály vo forme kompozitných materiálových konfigurácií na zníženie dynamickej zložky zaťaženia, a to hlavne prostredníctvom využitia ich vysokej schopnosti materiálového tlmenia, čiastočne využitím zvýšenia tuhosti a hmotnosti. Všetky realizované aplikácie priniesli významné zníženie amplitúd vibrácií od 29-60%, v pri akustickej emisii do 85%. Zníženie amplitúd vibrácií bolo dosiahnuté v časovej aj frekvenčnej oblasti. Zdôvodnili sme teoreticky pomocou numerickej simulácie šírenia napäťovej vlny v mikroštruktúre aj zdroje vysokej schopnosti tlmenia kompozitných materiálových konfigurácií. Zároveň sme stanovili metodiku určenia materiálového tlmenia u takýchto materiálov, a to experimentálne a numericke, keďže parametre tlmenia nie sú známe pri vytvorených materiáloch. Boli stanovené základné princípy materiálového dizajnu pre zvýšenie materiálového tlmenia na základe výsledkov DMTA (dynamic mechanical and thermal analyzer) analyzátora. Keďže kompozitné materiálové konfigurácie možno z dôvodu zložitej vnútornej štruktúry získať 3D tlačou, prispeli sme v tejto oblasti vyvinutou tlačovou hlavou pre aditívnu výrobu. Projekt rozšíril poznatky a aplikácie aj v oblasti tenkých vrstiev, t.j. povlakov a vrstvy maziva. Stanovené ciele boli úspešne splnené.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

The project contributed to the expansion of the current state of theoretical knowledge and applications. The main benefit of the project is the developed redesign method, which consists in modifying the dynamic properties of existing components of production machines, or mechanical systems. Its advantage is the short time and low costs of implementation compared to the development and manufacturing of new components or functional units of production machines. The method is characterized by the filling of cavities of existing components or cavities created between components with particulate polymer composite materials or polymers. In addition to cavity filling, the redesign method can be applied in the form of adding a structured composite with a certain configuration to some surface(s) of the component(s). The added material becomes a passive damper of the mechanical system during operation. In this way, a composite material structure is created, the macroscopic configuration of which is given by the placement of filled cavities and/or additional structured composite on the surface(s). We have applied non-standard structural materials in the form of composite material configurations to reduce the dynamic component of the applied load, mainly by using their high material damping capacity, partly by using the increase in stiffness and weight. All implemented applications brought a significant reduction of vibration amplitudes from 29-60%, in the case of acoustic emission up to 85%. The reduction of vibration amplitudes was achieved in both the time and frequency domains. We justified theoretically with the help of numerical simulation of the propagation of the stress wave in the microstructure, the sources of the high damping capacity of the composite material configurations. At the same time, we established a methodology for determining the material damping of such materials, experimentally and numerically, since the damping parameters are not known for the created materials. The basic principles of material design for increasing material damping were established based on the results of the dynamic mechanical and thermal analyser (DMTA). Since composite material configurations can be obtained by 3D printing due to the complex internal structure, we developed a print head in the field of additive manufacturing. The project expanded knowledge and applications also in the field of thin layers, i.e. coatings and lubricant layers. The set goals were successfully met.