



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-18-0438

Výskum a vývoj energeticky úsporného hybridného ložiskového reduktora so zníženým opotrebením pre robotické zariadenia (pre Priemysel 4.0)

Zodpovedný riešiteľ **Ing. Viktor Puchý, PhD.**

Príjemca

Ústav materiálového výskumu SAV, v. v. i.

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Ústav materiálového výskumu SAV, v. v. i.

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

-

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

-

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

- [1] PODOBOVÁ, M. - PUCHÝ, V. - FALAT, L. - DŽUNDA, R. - BESTERCI, M. - HVIZDOŠ, P.: Microstructure and tribological behavior of SPS processed Fe/Ti-15wt.%Cu-based metal matrix composites with incorporated waste Ti-chips, *Kovové materiály*, 58, 2020, s.83-91
- [2] BALLÓKOVÁ, B. - FALAT, L. - PUCHÝ, V. - MOLČANOVÁ, Z. - BESTERCI, M. - DŽUNDA, R. - ABBAS, A. - HUANG, S.: The influence of laser surface remelting on the tribological behavior of the ECAP-processed AZ61 Mg alloy and AZ61-Al₂O₃ metal matrix composite, *Materials*, 13, 2020, s.2688
- [3] PUCHÝ, V. - HVIZDOŠ, P. - IVOR, M. - MEDVEĎ, D. - HNATKO, M. - KOVALČÍKOVÁ, A. - SEDLÁK, R. - DUSZA, J.: Preparation, friction, wear, and fracture of the Si₃N₄-Ag-GNPs composites prepared by SPS, *Journal of the European Ceramic Society*, 40, 2020, s.4853-4859
- [4] BRYKOV, Michail N.** - AKRYTOVA, Taisiia O. - OSIPOV, Michail - PETRYSHYNETS, Ivan - PUCHÝ, Viktor - EFREMENKO, Vasily G. - SHIMIZU, K. - KUNERT, Maik - HESSE, Olaf. Abrasive wear of high-carbon low-alloyed austenite steel: microhardness, microstructure and X-ray characteristics of worn surface. In *Materials*, 2021, vol. 14, p. 6159-1 - 6159-16. (2020: 3.623 - IF, Q1 - JCR, 0.682 - SJR, Q2 - SJR, karentované - CCC). (2021 - Current Contents). ISSN 1996-1944. Dostupné na: <https://doi.org/10.3390/ma14206159> Typ: ADCA
- [5] PODOBOVÁ, Mária - PUCHÝ, Viktor - FALAT, Ladislav - DŽUNDA, Róbert - BESTERCI, Michal. Waste metals based metal-matrix ceramic-reinforced composites for friction applications. In *Kovové materiály*, 2022, vol. 60, no. 6, p. 351-362. (2021: 0.690 - IF, Q4 -

JCR, 0.208 - SJR, Q3 - SJR). ISSN 0023-432X. Typ: ADDA
[6] CHABAK, Yuliia - EFREMENKO, Vasily G.** - ZURNADZHY, V.I. - PUCHÝ, Viktor - PETRYSHNETS, Ivan - EFREMENKO, B.V. - FEDUN, Viktor - SHIMIZU, K. - BOGOMOL, Iurii - KULYK, Volodymyr - JAKUBÉCZOVÁ, Dagmar. Structural and tribological studies of "(TiC + WC)/hardened steel" PMMC coating deposited by air pulsed plasma. In Metals- Basel, 2022, vol. 12, p. 218-1 - 218-24. (2021: 2.695 - IF, Q2 - JCR, 0.569 - SJR, Q1 - SJR). ISSN 2075-4701. Dostupné na: <https://doi.org/10.3390/met12020218> Typ: ADCA

Uplatnenie výsledkov projektu

Ku dňu 30.11.2022 bola ukončená posledná etapa funkčnými testami na skúšobnom stende vo firme Spinea, s.r.o.

Konvenčné oceľové reduktory s mazivom aj reduktory s povlakovanými valčekmi fungovali primerane v podmienkach skúšobného zaťaženia. Aj keď boli uskutočnené len testy rozbehových a kvázi-statických trecích momentov, výsledok testov ukazuje, že povlakovaním valčekom reduktorov má veľký potenciál. Tento výsledok testu naznačuje, že reduktor s povlakovanými valčekmi by mohol prekonať konvenčný oceľový reduktor s mazivom a znížiť náklady na energiu, potenciálne zvýšiť životnosť reduktora, prípadne znížiť náklady na údržbu neskoršou degradáciou maziva (nižšie trenie → nižšia prevádzková teplota → dlhšia životnosť maziva). Takto upravený reduktor by našiel uplatnenie vo vysoko-presných vysoko-zátťažových robotických ramenách pracujúcich s vysokými zrýchleniami.

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

Prevodkové ložiskové reduktory obsahujú prvky systémov prenosu energie ktoré by mali mať vysokú úroveň odolnosti proti opotrebovaniu. Navrhovaná laserová modifikácia môže slúžiť na vytvrdenie povrchovej vrstvy funkčnej prenosovej plochy. Toto riešenie nebude mať vplyv na jadro funkčného segmentu, ktoré zachová jeho húževnatosť. Klzné plochy reduktora preto môžu byť modifikované navrhovaným experimentálnym postupom jemným vytvrdzovaním povrchu pomocou laserových lúčov, čo predíde poškodeniu funkčných plôch. Materiálové zloženie bolo korigované tak aby sa dosiahli optimálne funkčné vlastnosti – nízke opotrebenie a nízky koeficient trenia, požadované mechanické vlastnosti a mikroštruktúra. Vyrobený prototyp reduktora bol testovaný na skúšobnom stende pri dvoch rôznych režimoch aby sa overili funkčné prevádzkové vlastnosti. Klzné plochy boli laserom modifikované a valčkové segmenty boli povlakované klzným materiálom na báze MoS₂. Výsledná voľba vhodnej kompozície materiálov bude závisieť hlavne od možností veľkosériovej výroby keramických valčekom s vysokou presnosťou rozmerov. Nové poznatky získané pri riešení tohto projektu môžu byť potenciálne zavedené do výroby nového radu hybridných ložiskových reduktorov u odberateľa výsledkov projektu firmy Spinea, s.r.o. Ambíciou riešiteľského kolektívu bolo doceliť opakovateľnosť a použiteľnosť dosiahnutých výsledkov výskumného projektu v praxi a vyvinúť prototyp nového ložiskového reduktora z kovo-keramických komponentov tzv. hybridný ložiskový reduktor, čo sa aj čiastočne podarilo.

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

Gear bearing reducers contain elements of power transmission systems that should have a high level of wear resistance. The proposed surface laser modification can be used to harden the surface layer of the functional transfer surface. This solution will not affect the core of the functional segment, which will maintain its toughness. Therefore, the sliding surfaces of the reducer can be modified by the proposed experimental procedure by gently hardening the surface using laser beams, thus preventing the damage to the functional surfaces. The material composition was corrected to achieve optimal functional properties - low wear and low coefficient of friction, required mechanical properties and microstructure. The manufactured prototype of the reducer was tested on a test bench stand in two different modes to verify the functional operating characteristics. The sliding surfaces were laser modified and the roller segments were coated with a sliding material based on MoS₂. The resulting choice of a suitable composition of materials will depend mainly on the possibilities of large-scale production of ceramic rollers with high dimensional accuracy. The new knowledge gained during the solution of this project can potentially be introduced into the

production of a new line of hybrid bearing reducers at the customer of the results of the project, Spinea, s.r.o.

The ambition of the research team was to achieve the repeatability and applicability of the achieved results of the research project in practice and to develop a prototype of a new bearing reducer made of metal-ceramic components, the so-called hybrid bearing reducer, which was partially successful.