



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-19-0497

Nové vysoko-entropické keramické materiály pre pokročilé aplikácie

Zodpovedný riešiteľ **prof. RNDr. Ján Dusza, DrSc.**

Príjemca **Ústav materiálového výskumu SAV, v. v. i.**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Ústav materiálového výskumu SAV, v.v.i.

Ústav anorganickej chémie SAV, v.v.i

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Queen Mary University of London, Veľká Británia

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

Počas riešenia projektu neboli podané/udelené patenty, ani úžitkové vzory.

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

1. DUSZA, J. - CSANÁDI, T. - MEDVEĎ, D. - SEDLÁK, R. - VOJTKO, M. - IVOR, M. - ÜNSAL, H. - TATARKO, P. - TATARKOVÁ, M. - ŠAJGALÍK, P.: Nanoindentation and tribology of a (Hf-Ta-Zr-Nb-Ti)C high-entropy carbide. Journal of the European Ceramic Society, 41, 2021, s.5417-5426
2. WANG, Y. - CSANÁDI, T. - ZHANG, H. - DUSZA, J. - REECE, M.J.: Synthesis, microstructure, and mechanical properties of novel high entropy carbonitrides. Acta Materialia, 231, 2022, s.117887
3. WANG, Y. - CSANÁDI, T. - FOGARASSY, Z. - ZHANG, B. - SEDLÁK, R. - WANG, X. - ZHANG, C. - DUSZA, J. - REECE, M.J.: The role of Cr addition on the processing and mechanical properties of high entropy carbides. Journal of the European Ceramic Society, 42, 2022, s.5273-5279
4. NAUGHTON-DUSZOVÁ, A. - MEDVEĎ, D. - ĎAKOVÁ, L. - KOVALČÍKOVÁ, A. - ŠVEC, P. - TATARKO, P. - ÜNSAL, H. - HVIZDOŠ, P. - ŠAJGALÍK, P. - DUSZA, J.: Highly wear resistant dual-phase (Ti-Zr-Nb-Hf-Ta)C/(Ti-Zr-Nb-Hf-Ta) B2 high-entropy ceramics. Advances in Applied Ceramics, 122, 2023, s.107-118
5. PETRUŠ, O. - SEDLÁK, R. - CSANÁDI, T. - NAUGHTON-DUSZOVÁ, A. - VOJTKO, M. - HVIZDOŠ, P. - DUSZA, J.: Indentation size effect in the hardness measurements of high entropy carbides. Ceramics International, 49, 2023, s.24207-24215
6. HRUBOVČÁKOVÁ, M. - CSANÁDI, T. - SEDLÁK, R. - KOVALČÍKOVÁ, A. - SHEPA, I. - MÚDRA, E. - SOPČÁK, T. - ÜNSAL, H. - TATARKO, P. - ŠAJGALÍK, P. - DUSZA, J.: The effect of SiC whiskers addition on the microstructure and mechanical properties of a (Hf-Ta-Zr-Nb-Ti)C-SiC composite. Ceramics International, 49, 2023, s.24179-24186

7. NAUGHTON-DUSZOVÁ, A. - ŠVEC, P. - KOVALČÍKOVÁ, A. - SEDLÁK, R. - TATARKO, P. - HVIŽDOŠ, P. - ŠAJGALÍK, P. - DUSZA, J.: On the phase and grain boundaries in dual phase carbide/boride ceramics from micro to atomic level. *Journal of the European Ceramic Society*, 43, 2023, s.6765-6773
8. ĎÁKOVÁ, L. - HRUBOVČÁKOVÁ, M. - KOVALČÍKOVÁ, A. - MEDVEĎ, D. - ANDREJOVSKÁ, J. - KROMKA, F. - MEDVECKÝ, Ľ. - DUSZA, J.: Influence of sintering condition on tribological properties of (Hf-Ta-Zr-Nb-Ti)C carbides. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 119, 2024, s.106549
9. NAUGHTON-DUSZOVÁ, A. - HRUBOVČÁKOVÁ, M. - VOJTKO, M. - ALBOV, D. - MEDVEĎ, D. - ĎÁKOVÁ, L. - MEDVECKÝ, Ľ. - HVIŽDOŠ, P. — CSANÁDI, T.: Fracture strength of grains and grain boundaries in a dual-phase high-entropy ultra-high temperature ceramics, *Journal of the European Ceramic Society*, 44 (9), 2024, p.5422-5431.

Uplatnenie výsledkov projektu

Novovyvíjané vysokoentropické keramické materiály na báze karbidov a karbidov-boridov prechodových kovov sú potenciálnymi materiálmi pre extrémne aplikácie, kde sa vyžaduje náročná kombinácia fyzikálnych a mechanických vlastností, predovšetkým excelentná tepelná stabilita, veľmi vysoká tvrdosť, pevnosť a oteruvzdornosť aj pri vysokých teplotách. Sú vhodnými kandidátmi pre komponenty v aplikáciách pre vesmírny a letecký priemysel, jadrový priemysel, strojárstvo, výhrevné elementy do pecí, žiaruvzdorné komponenty a pod. Na základe experimentálnych dát bola nájdená korelácia medzi prípravou a finálnymi fyzikálnymi, mechanickými a tribologickými vlastnosťami študovaných keramických materiálov patriacich do skupiny ultravysokoteplotných vysokoentropických keramických materiálov. Zo získaných výsledkov je zrejmé, že prínosom projektu je aj implementácia moderných testovacích metodík na stanovenie mechanických vlastností na mikro/nano úrovni napr. nanoindentácia a skúšky v ohybe mikronosníkov. Napriek tomu, že riešený projekt spadá do oblasti základného výskumu, výsledky projektu ukazujú svoje opodstatnenie a dôležitosť pre budúce aplikácie.

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

Z dosiahnutých hlavných výsledkov možno konštatovať, že stanovené vedecké ciele projektu boli v plnej miere splnené.

Počas riešenia projektu boli vyvinuté a charakterizované nové keramické systémy, niektoré medzi prvými na svete, čím sa významne rozšíril súbor poznatkov v skupine ultravysokoteplotných vysokoentropických keramických materiálov na báze karbidov. Získané výsledky tvoria základ jednak pre vývoj nových vysokoentropických UHTC keramických systémov, kombináciou doteraz nepoznaných vynikajúcich mechanických a tribologických vlastností, a demonštrovaním javov v nich prebiehajúcich.

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

From the achieved main results can be stated that the scientific goals of the project have been fulfilled.

During the project duration, new ultra high temperature high entropy ceramic systems were developed and characterized, some among the first in the world, thus expanding significantly the set of knowledge in the group of ultra-high-temperature ceramic materials based on carbides.

The obtained results form the basis for the development of completely new high-entropy UHT ceramic systems with a combination of hitherto unknown excellent mechanical and tribological properties.