

**Závěrečná zpráva projektu specifického výzkumu  
zakázka č. 2113 / 2022**

**Název projektu: Vysokoentropické slitiny pro pokročilé technické aplikace**

**Specifikace řešitelského týmu**

Odpovědný řešitel: Mgr. Jan Loskot, Ph.D.

Studenti doktorského studia na UHK: Mgr. Damián Bušovský (ID: S19FY004DP)

**Celková částka přidělené dotace: 116 000 Kč**

Datum zahájení řešení projektu: 5. 5. 2022

Datum ukončení řešení projektu: 30. 11. 2023

**Stručný popis postupu při řešení projektu (max. 2 strany).**

V rámci práce byla navržena nová chemická složení vysokoentropických slitin (high-entropy alloys, HEA), která dosud nejsou popsána v literatuře. Námi navržené slitiny sestávají z Ti, Ta, Nb, Zr a Cu, přičemž se liší obsahem těchto prvků. (Obsah Cu v jednotlivých variantách slitin: 0, 5, 7, 10, 15 a 20 at. %. Ostatní prvky jsou zastoupeny v ekvatomárních poměrech.) Tyto slitiny byly následně vyrobeny z kovových prášků metodou tavení elektrickým obloukem (tzv. „arc melting“).

Vstupní práškový materiál byl připraven smícháním prášků jednotlivých kovů a dále byl promíchán v planetárním kulovém mlýně pro dosažení lepší homogenity finálních slitin. Z promíchané směsi prášků byly lisováním vytvořeny tuhé tablety, které byly následně přetaveny ve vakuové obloukové peci. Takto připravené vzorky slitin byly zality do pryskyřice, zabroušeny a vyleštěny, aby bylo možno je detailně analyzovat.

Mikrostruktura získaných materiálů byla podrobně charakterizována skenovacím elektronovým mikroskopem (SEM) a transmisním elektronovým mikroskopem (TEM). Prostorová distribuce chemických prvků byla studována pomocí energiově-disperzní rentgenové mikroanalýzy (EDS). Měření EDS se bohužel zdržela o cca 4 měsíce z důvodu poruchy EDS systému.

Zevrubná fázová analýza připravených slitin byla provedena pomocí techniky rentgenové difrakce (XRD). Dále byly technikou mikroindentace změřeny a následně vyhodnoceny mechanické vlastnosti získaných slitin (mikrotvrdość, Youngův modul), a to pro jednotlivé materiálové fáze. Výsledky mikroindentačních testů byly zkombinovány s výsledky měření na SEM pro získání komplexnějších znalostí o studovaných slitinách.

Pro zvýšení excelentnosti výzkumu byly dále provedeny časově náročné testy antibakteriálních vlastností jednotlivých slitin, které navíc musely být opakovány. Pro další zvýšení excelentnosti

výzkumu byly provedeny i časově náročné testy korozní odolnosti získaných slitin v Ringerově roztoku, simulujícím prostředí lidského těla.

### Splnění cílů řešení a přínos projektu.

Základním zjištěním je, že z použitých prvků (Ti, Ta, Nb, Zr, Cu) je možné vytvořit vysokoentropické slitiny. Tyto slitiny vykazují dendritickou mikrostrukturu, přičemž zvyšování obsahu Cu vede ke zmenšování velikosti dendritů. Slitiny jsou vícefázové s dominantní BCC fází. Studované slitiny by mohly nalézt uplatnění např. v kostních implantátech či v jiných lékařských aplikacích.

V rámci tohoto projektu došlo ke zintenzivnění dosavadní úspěšné spolupráce PŘF UHK s Institute of Materials Engineering, University of Silesia (Katowice, Polsko). Toto pracoviště poskytlo potřebné přístrojové vybavení a finance na nákup spotřebního materiálu, kterými nedisponuje PŘF UHK.

### Splnění kontrolovatelných výsledků řešení.

Je dokončován následující publikační výstup:

Maciej Zubko, Jan Loskot, Damián Bušovský, et al. The influence of Cu-addition on the microstructure and properties of  $(\text{TiTaNbZr})_{100-x}\text{Cu}_x$  high-entropy alloys. Metallurgical and Materials Transactions A – Physical Metallurgy and Materials Science (Q1)

Přesný stav publikace není znám, protože polská strana v současné době nekomunikuje.

Tab. 1 Sumář výstupů řešení projektu

Typ výstupu	Plán	Skutečnost	Poznámka
Jimp (databáze WoS)*	1 (Q1/Q2)	1 (Q1)	v přípravě
Jsc (databáze Scopus)			
B (recenzovaná odborná kniha) **			
C (kapitola v recenzované odborné knize)**			
D (článek ve sborníku ve WoS, Scopus)			
P (patent)			
Počet obhájených dizertačních prací			
Počet obhájených diplomových prací			
<b>Počet výsledků</b>			

### Ke zprávě přiložte:

- a) výpis z OBD – výstupy podpořené tímto projektem.

Datum: 29.11.2023

Podpis odpovědného řešitele:



\* Povinný výstup.

\*\* Pouze renomovaná nakladatelství Elsevier, Springer, Bentham apod.