

Formulár ZK - Záverečná karta projektu

Riešiteľ: Slovenská technická univerzita v Bratislave Strojnícka fakulta v Bratislave Zodpovedný riešiteľ: doc. Ing. Štefan Emmer, PhD.	Evidenčné číslo projektu: APVV-20-057805
Názov projektu: Gradientné materiály pripravené práškovou metalurgiou z mikro a nano častíc	

Na ktorých pracoviskách bol projekt riešený:	STU, Strojnícka fakulta, Ústav technológií a materiálov
	SAV, Ústav materiálov a mechaniky strojov

Ktoré zahraničné pracoviská spolupracovali pri riešení (názov, štát):	_____

Udelené patenty alebo podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory vychádzajúce z výsledkov projektu:	_____
Publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu (uved'te i publikácie prijaté do tlače): <i>Uvádzajte maximálne päť najvýznamnejších publikácií.</i>	Effect of composition on friction coefficient of Cu-graphite composites, KOVÁČIK, J.; EMMER, Š.; BIELEK, J. et al., WEAR Vol. 265 Iss. 3-4, 417-421, 2008, Citované v SCI: 4
	Correlation between elastic modulus, shear modulus, Poisson's ratio and porosity in porous materials, KOVÁČIK, J.; ADVANCED ENGINEERING MATERIALS, Vol. 10 Iss. 3, 250-252, 2008, Citované v SCI: 1
	KOVÁČIK, J.; BIELEK, J.; EMMER, Š.; Cu-graphite composites: Composition dependence of friction coefficient. In International Symposium on Friction, Wear and Wear Protection 2008. Editors A. Fischer, K. Bobzin. Weinheim: WILEY-VCH
	EMMER, Š., KOVÁČIK, J., BIELEK, J.; Wear resistance of particulate Cu-graphite composite system. (Abstrakt.), In EUROMAT 2009. Glasgow: IOMS, FEMS, 2009, PS2, C51.
	EMMER, Š.; BIELEK, J.; KOVÁČIK, J.; Cu-C composite material. (Abstrakt.) In YUCOMAT 2008. Belgrade: ITS SASA, 2008. ISBN 978-86-80321-15-8. p. 151.
V čom vidíte uplatnenie výsledkov projektu:	V rozšírení teoretických poznatkov v oblasti základného výskumu gradientných materiálov najmä ako kompozitných materiálov časticového typu. Významným je že veľkosť častíc je z intervalu μm až nm. Získané výsledky z oblasti štruktúrnych analýz a namerané mechanické a fyzikálne vlastností sú uplatniteľné v aplikovanom výskume pre tvorbu a aplikácie nových materiálov v priemyselnej praxi.

Charakteristika výsledkov

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu (max. 20 riadkov) - slovensky:

Predmetný projekt riešil problematiku, ktorá v súčasnosti je predmetom záujmu viacerých výskumných pracovísk na celom svete. Gradientné materiály predstavujú materiálové systémy u ktorých je možné využiť v maximálnej miere pri ich aplikácii materiálové a energetické vstupy, ktoré boli potrebné na ich vyhotovenie.

Cieľom riešenia projektu bola príprava gradientných materiálov práškovou metalurgiou z mikro a nano častíc. V podstate sa jednalo o prípravu gradientných materiálov kompozitného typu, konkrétne gradientných časticových kompozitných materiálov. Ďalšou významnou charakteristikou tohto projektu je, že použité vnesené častice do matrice majú veľkosť pod $1\mu\text{m}$. Teda jedná sa o systémy, kde častice môžu mať aj nano rozmer. Ak sa jedná o materiály s nanočasticami potom aj metódy ich prípravy sú špecifické, aby sa dosiahlo synergické pôsobenie štruktúry na vlastnosti daného materiálového systému.

V projekte bola riešená problematika prípravy systému Cu-C, pričom vnesená kompozitná fáza C bola vo forme častice grafitu, častice povlakovaného grafitu meďou a častice ako nano rúrky CMWNTs (carbon multiwalled nano tubes).

Izostatickým lisovaním za tepla bol pripravený gradientný materiál Cu-grafit s odstupňovaným gradientnom a vzorka Cu- MWCNTs ($d_s = 20\text{-}50\text{nm}$). Elektrofrézou boli pripravené nasledovné gradientné systémy: Cu-SiC ($d_s = 3\mu\text{m}$), Cu- $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$ ($d_s = 150\text{nm}$), Cu-MWCNTs ($d_s = 20\text{-}50\text{nm}$) a Cu-MWCNTs– SiC. Na uvedených systémoch bola preskúmaná homogénnosť umiestnenia mikro a nano fázy. Na základe nameraných fyzikálnych vlastností pre systém Cu-C boli vytvorené modely pomocou teórie perkolácie a zovšeobecnenej metódy stredného poľa. Na základe týchto modelov je možná predikcia vlastností nielen pre systém Cu-C, ale aj podobné systémy ako sú napríklad systém Au-C, Ag-C, obecné Metal (alebo iný elektricky vodivý resp. nevodivý materiál)-C a iné zatiaľ fyzicky nepripravené materiálové systémy.

Získané výsledky z riešenia projektu je možné využiť ako v oblasti základného výskumu materiálov tak aj v oblasti aplikovaného výskumu ako nových materiálov pre aplikáciu v priemyselnej praxi.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu (max. 20 riadkov) - anglicky:

The project solved the problems that are currently the main field of interest of various research laboratories all over the world. Gradient materials are materials systems that can employ during their applications all material and energy inputs necessary for their preparation.

The main goal of the project was preparation of gradient materials using powder metallurgy from micro and nano powders. Basically, the composite gradient materials were prepared, especially particulate composite gradient materials. The main characteristics of the project is the fact, that the used embended particles inside the matrix are below $1\mu\text{m}$. It means that they can also be a systems of nano size. In the case of nanosize it is necessary to use a special method of preparation to achieve synergic effect on the final properties of given material system.

The project solved the problems concerning the preparation of Cu-C system. In this case the embended phase C was in the form of graphite particle, copper coated graphite and multiwalled carbon nano tubes CMWNTs.

Hot isostatic pressing method was used to prepare gradient Cu-graphite material with stepwise gradient and a sample Cu- MWCNTs ($d_s= 20\text{-}50\text{nm}$). Further electrophoretic deposition was used to prepare following gradient systems Cu-SiC ($d_s= 3\mu\text{m}$), Cu- $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$ ($d_s= 150\text{nm}$), Cu-MWCNTs ($d_s= 20\text{-}50\text{nm}$) and Cu-MWCNTs– SiC. The homogeneity of the space distribution of micro nad nano phase was investigated. On the basis of experimental results of physical properties of Cu-C system a models describing their composition dependence on the basis of percolation theory and general effective medium theory were created. Using these models it is possible to predict effective properties not only for Cu-C system, but also for simillar systems such as Au-C, Ag-C, or generally Metal (or other electrically conductive or non conductive material) – C of until now not physically prepared systems.

The obtained results will be used in the field of basic research and also in the field of applied research of new materials for industrial applications.

Podpisom záverečnej karty riešiteľ vyjadruje svoj súhlas so zverejnením údajov v nej uvedených.

Podpis zodp. riešiteľa:

Dátum:

Podpis štatutárneho zástupcu:

Pečiatka: