

Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

LPP-0174-07**Vývoj keramických nanokompozitov**Zodpovedný riešiteľ **prof. RNDr. Ján Dusza, DrSc.**Príjemca **Ústav materialového výskumu SAV, Košice**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

1. Ústav materialového výskumu SAV, Košice
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

- 1.
- 2.
- 3.

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

- 1.
- 2.
- 3.

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

1. HVIŽDOŠ, P. - PUCHÝ, V. - DUSZOVÁ, A. - DUSZA, J.: Tribological behavior of carbon nanofiber-zirconia composite. Scripta Materialia, 63, 2010, s.254-257
2. PUCHÝ, V.- TATARKO, P.- DUSZA, J.-MORGIEL, J.-BASTL, Z.-MIHÁLY, J.: Characterization of carbon nanofibers by SEM, TEM, ESCA and Raman spectroscopy. Kovove.Mater., 48, 2010, 379-385.
3. 1. DUSZA, J. - MORGIEL, J. - TATARKO, P. - PUCHÝ, V. : Characterization of interfaces in ZrO₂ - carbon nanofiber composite. Scripta Materialia, 61, 2009, s.253-256
4. 2. DUSZA, J. - BLUGAN, G.S. - MORGIEL, J. - KÜBLER, J. - INAM, F. - PEIJS, T. - REECE, M.J. - PUCHÝ, V. : Hot pressed and spark plasma sintered zirconia/carbon nanofiber composites. Journal of the European Ceramic Society, 29, 2009, s.3177-3184

5. CSEHOVÁ, Erika - ANDREJOVSKÁ, Jana - LIMPICHAIPANIT, Apichart - DUSZA, Ján - TODD, Richard. Hardness and indentation load-size effect in Al₂O₃-SiC nanocomposites. In Kovové materiály, 2011, roč. 49, s. 119-124. ISSN 0023-432X.

Uplatnenie výsledkov projektu

Mechanické vlastnosti nanokompozitov Al₂O₃ + SiC.

Z uvedenej analýzy výsledkov práce jednoznačne vyplýva, že vhodným výberom materiálu matrice, spevňujúcej fázy a voľbou ich vzájomného objemového pomeru možno dosiahnuť priaznivejšie vlastnosti. Podľa toho, aké vlastnosti chceme uprednostiť resp. vylepšiť, môžeme spevňovať matricu so sekundárnou fázou, tvorenú časticami rôzneho druhu a tvaru. Niektoré vlastnosti nanokompozitov závisia prevažne na množstve a vlastnostiach jednotlivých zložiek. Výsledky analýz práce poukazujú, že zavedenie SiC častíc do matrici Al₂O₃ má pozitívny vplyv na finálne mechanické vlastnosti nanokompozitu. Tvrdšie častice SiC sa využívajú hlavne k získaniu zvláštnych kombinácií úžitkových vlastností Al₂O₃ súčiastok. Kompozit Al₂O₃/SiC má vyššiu lomovú húževnatosť, tvrdosť a hlavne vynikajúcu odolnosť proti opotrebeniu než monolitný Al₂O₃. Preto tieto materiály môžu byť použité ako napríklad vysokovýkonné ložiská, pre motory a trecie časti, ako tesniace prvky, ako keramické rúrky, nádoby alebo najnovšie závit. Hoci Al₂O₃-SiC kompozity sa už bežne komerčne využívajú napríklad pri výrobe rezných nástrojov pre strojárne aplikácie, alebo ako brúsne kotúče problémy s prípravou nanokompozitov Al₂O₃-SiC zatiaľ bránia ich širšiemu využitiu. Preto je dôležité poukázať na potrebu zlepšenia technologického procesu.

Mikroštruktúra a vlastností keramických nanokompozitov spevnených uhlíkovými nanotrubicami

Tieto skúmané materiály vykazujú vysokú tvrdosť a oteruvzdornosť, vysokú teplotu tavenia, oxidačnú odolnosť, chemickú stabilitu, vysokú creepovú odolnosť, odolnosť voči tepelným šokom a dostatočnú úroveň pevnosti a lomovej húževnatosti. Konštrukčné keramiky vykonávajú veľa z týchto požiadaviek a sú používané alebo potenciálnymi materiálmi pre veľa aplikácií pri izbovej alebo vysokej teplote. Aj keď tieto skúmané keramické kompozity majú veľké množstvo výborných vlastností ich širšie použitie je stále limitované ich krehkosťou a odolnosťou voči poruchám vo forme trhlin. Nízka odolnosť voči poruchám a vysoká krehkosť sú spôsobené ich iónovou alebo kovalentnou väzbou a obmedzeným množstvom sklzových systémov, ktoré sú nevyhnutné pre plastickú deformáciu. Veľmi zaujímavou vlastnosťou týchto keramických kompozitov je ich elektrická vodivosť. Takéto materiály sú vysoko žiadané a majú veľa potenciálnych aplikácií. Potenciálne využitie tejto elektrickej vodivej keramiky môže byť napríklad ako výhrevné elementy alebo zapalovacie sviečky. Napríklad v prípade Si₃N₄/CNT kompozitov tieto materiály majú vynikajúce mechanické vlastnosti spolu s výbornými elektrickými a tribologickými vlastnosťami. Preto tieto materiály môžu byť použité ako napríklad vysokovýkonné ložiská bez statickej elektriny pre letecké aplikácie, pre motory a trecie časti. Ďalšími možnými aplikáciami takýchto kompozitov sú: polovodičové zariadenia, senzory, energetické zásobníky, súčiastky pre letecký a automobilový priemysel atď.

CHARAKTERISTIKA VÝSLEDKOV

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

V rámci projektu boli vyvinuté a charakterizované dva druhy keramických nanokompozitov a to Al₂O₃/SiC a ZrO₂/uhlíkové nanovlákná. Al₂O₃/SiC kompozit má jemnú štruktúru so zrnami Al₂O₃ okolo 5 mikrometrov a s nanočasticami SiC. Výsledky ukazujú, že s pridávaním SiC nanočastíc sa zvyšuje tvrdosť a lomová húževnatosť. Študovali sme aj vplyv SiC nanočastíc na tribologické vlastnosti kompozitu. Ukazuje sa, že SiC má pozitívny vplyv na tribologické vlastnosti pri izbovej teplote ale aj za vysokých teplôt. V prípade systému Si₃N₄/uhlíkové nanovlákná môžeme konštatovať, že s prídavkom nanovlákná sa zjemňuje mikroštruktúra ZrO₂, ale vznikajú aj zhluky nanovláknien. Práve tieto

zhluky zapríčiňujú, že efekt zhúževnatenia nie je výrazný, hoci sme často našli mechanizmy zhúževnatenia vo forme vybočenia trhlín a vytiahnutia nanovlákien. S pridávaním uhlíkových nanovlákien sme výrazne zlepšili elektrickú vodivosť materiálu. Záverom možno konštatovať, že ciele projektu boli splnené.

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

The Al₂O₃/SiC composite exhibits significantly finer microstructure in comparison to the alumina with the size of grains approximately 5 μm. The results showed that the addition of SiC particles is an effective method for improving the hardness and fracture toughness of Al₂O₃. The influence of SiC addition on the wear behaviour of Al₂O₃/SiC nanocomposites at room and high temperatures up to 700 °C has been investigated. The presence of SiC particles has a positive effect on the room and high temperature coefficient of friction of Al₂O₃/SiC nanocomposites. The wear resistance of composites was significantly higher at all temperatures in comparison to the monolithic alumina.

As regards the ZrO₂/carbon nanofibers we found that the addition of nanofibers results in a fine grain size ZrO₂, but also in creation of clusters of nanofibers. These clusters are the reason that the effect of toughening is not enough effective in spite of the fact that we recognized different toughening mechanisms in the form of crack deflection and pull-out of nanofibers. The addition of carbon nanofibers increased the electrical conductivity of the composite significantly.

We can concluded that all project objectives were fully executed.

Svojím podpisom potvrdzujem, že údaje uvedené v záverečnej karte sú pravdivé a úplné a súhlasím s ich zverejnením.

Zodpovedný riešiteľ

prof. RNDr. Ján Dusza, DrSc.

V Košiciach

Štatutárny zástupca príjemcu

RNDr. Peter Ševc, PhD.

V Košiciach

.....
podpis zodpovedného riešiteľa

.....
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu