



## Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

**APVV-0161-11**

**Vývoj nitridu kremičitého s prídavkom multivrstiev grafénu**

Zodpovedný riešiteľ **Mgr. Monika Kašiarová Tatarková, PhD.**

Príjemca **Ústav materiálového výskumu SAV**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

1. Ústav materiálového výskumu SAV
2. Ústav anorganickej chémie SAV
- 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. MICHÁLKOVÁ M., KAŠIAROVÁ M., TATARKO P., DUSZA, J., ŠAJGALÍK P.: Effect of homogenization treatment on the fracture behaviour of silicon nitride/graphene nanoplatelets composites, Journal of the European Ceramic Society, 34, 2014, s.3291-3299
2. L. Kvetková, A. Duszová, M. Kašiarová, F. Dorčáková, J. Dusza, Cs. Balázsi: Influence of processing on fracture toughness of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> + graphene platelet composites, Journal of the European Ceramic Society 33 (2013) 2299–2304.
3. KAŠIAROVÁ Monika, MICHÁLKOVÁ Monika, DUSZA J., ŠAJGALÍK P., Scratch resistance of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-graphene nanoplatelets composites. Key Engineering Materials, 2015, vol. 662, p. 165-168.
4. O. Hanzel, M. Kašiarová, J. Sedláček, P. Šajgalík, PREPARATION AND

CHARACTERIZATION OF SILICON NITRIDE - GRAPHENE COMPOSITES, Príprava a vlastnosti progresívnych keramických materiálov. 25-27.11.2015, Ružín-Košice.

5. KAŠIAROVÁ, Monika - MICHÁLKOVÁ, Monika - HANZEL, Ondrej - DUSZA, Ján - ŠAJGALÍK, Pavol. Silicon nitride reinforced by graphene nanoplatelets. In Advanced research workshop Engineering Ceramics 2015, materials for better life, Smolenice castle, may 10-14, 2015: prednáška

### **Uplatnenie výsledkov projektu**

Uplatnenie výsledkov projektu je možné vidieť v možnosti využitia pripravených materiálov pre tribologické aplikácie, ako aj v aplikáciách využívajúcich ich lepšiu lomovú húževnatosť v porovnaní s monolitným nitridom kremičitým. Podarilo sa vyvinúť kompozitný materiál s lepšou tepelnou vodivosťou, a to zavedením jemných grafénových vrstiev pripravených z oxidu grafénu.

### **CHARAKTERISTIKA VÝSLEDKOV**

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

Výsledky získané počas riešenia projektu ukázali, že je možné dosiahnuť mierne, cca 15-20% zlepšenie lomovej húževnatosti kompozitných materiálov v porovnaní s monolitným nitridom kremičitým voľbou vhodnej technológie homogenizácie, zabezpečujúcej rovnomernú distribúciu grafénových platničiek bez tvorby grafénových aglomerátov. Mechanizmy zabezpečujúce zhúževnatenie vplyvom nanoplatničiek grafénu sú najmä premostenia trhliny a vybočenia trhliny. V druhej časti projektu sa výskum sústreďoval na štúdium vplyvu rôznych spekacích prísad na finálne vlastnosti kompozitných materiálov. Výberom vhodných spekacích prísad bolo možné ovplyvniť vývoj mikroštruktúry v kompozitnom materiály Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> s obsahom grafénových platničiek, kde sa dosiahla kombinácia rovnoosých alfa zŕn nitridu kremičitého zabezpečujúca vysokú tvrdosť materiálu a predĺžených beta zŕn zodpovedných za dobrú lomovú húževnatosť výsledného kompozitného materiálu. Záverom možno konštatovať, že došlo k miernemu zlepšeniu mechanických, niektorých funkčných (tepelných) a tribologických vlastností a tým bolo dosiahnuté splnenie cieľov projektu.

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

The results obtained during the timespan of the project showed that it is possible to improve the fracture toughness of the composite materials by ~ 15-20% (compared to the Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> monolithic materials). This can be achieved when a suitable homogenisation technique is applied, which results in a homogenous distribution of the graphene nanoplatelets without a formation of the agglomerates. A crack bridging and a crack deflection were the most common toughening mechanisms that led to the improved fracture toughness. Another part of the project was focused on the investigation of the effect of various sintering additives on the final properties of the composite materials. By using the suitable sintering additives with an optimised composition, it was possible to affect the microstructure evolution of the composite materials. In such a way, a microstructure with a desired ratio between alpha and beta silicon nitride was obtained. The presence of the equiaxial alpha Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> grains led to a high hardness of the materials while the presence of the elongated beta Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> resulted in a good fracture toughness of the composite materials. It can be summarised that the newly developed composite materials exhibited a slightly improved mechanical properties, some of the functional properties (thermal properties) and tribological properties, meaning that the objectives of the project were successfully fulfilled.

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

**Zodpovedný riešiteľ**

Mgr. Monika Kašiarová Tatarková, PhD.

V Košiciach 26. 01. 2016

**Štatutárny zástupca príjemcu**

RNDr. Pavol Hvizdoš, CSc.

V Košiciach 26. 01. 2016

.....  
podpis zodpovedného riešiteľa

.....  
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu