

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **LPP-0203-07**

Vysokoteplotné vlastnosti konštrukčných keramických materiálov na báze SiC

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. KOVALČÍKOVÁ, A. - DUSZA, J. - ŠAJGALÍK, P. : Thermal shock resistance and fracture toughness of Liquid-Phase-Sintered SiC-Based Ceramics. Journal of the European Ceramic Society, 29, 2009, s.2387-2394
2. HEGEDUSOVÁ, L. - KOVALČÍKOVÁ, A. - CENIGA, L. - DUSZA, J.: Contact strength and crack formation in monolithic ceramic materials. Materials Science and Engineering A, 527, 2010, s.1179-1184
3. KOVALČÍKOVÁ, A. - DUSZA, J. - ŠAJGALÍK, P. : Strength Degradation Flaws in the Liquid-Phase-Sintered SiC Based Ceramics. Key Engineering Materials, 409, 2009, s.350-353
4. KOVALČÍKOVÁ, Alexandra - DUSZA, Ján. Thermal shock resistance of SiC+Si₃N₄

composites evaluated by indentation technique. In Chemické listy, 2011, roč. 105, s. s191-s194. (0.620 - IF2010). (2011 - Current Contents). ISSN 0009-2770.

5. KOVALČÍKOVÁ, Alexandra - BALÁZSI, C. - DUSZA, Ján.-TAPASZTÓ, Orsolya. Mechanical properties and electrical conductivity in a carbon nanotube reinforced silicon nitride composite. Zaslané a akceptované na tlač v Ceramic International.

Uplatnenie výsledkov projektu

Riešením projektu sa doplnili chýbajúce údaje hlavne o vysokoteplotných vlastnostiach keramických materiálov na báze karbidu kremíka, ktoré rozšírili súbor základných mechanických vlastností, ktoré boli už v minulosti známe. Bola vypracovaná databáza tepelno-mechanických vlastností novovyvinutých materiálov a to z hľadiska aplikovaného tepelného spracovania ako aj z hľadiska prídavku nitridu kremíka do matrice karbidu kremíka. Pri vysokoteplotných vlastnostiach sa sledoval aj vplyv zloženia spekacích prísad. Tento súbor vlastností je plne využiteľný pre širokú vedeckú a výskumnú obec, ktorá sa zaoberá danou problematikou.

Na základe dosiahnutých výsledkov je dôležité poukázať na potrebu zlepšenia technologického procesu výroby keramických materiálov, najmä v etape homogenizácie a lisovania, za účelom eliminácie technologických defektov, ktoré degradujú hlavne pevnostné vlastnosti konštrukčných keramických materiálov. Taktiež je nutné venovať pozornosť termodynamickej stabilite SiC a Si₃N₄ (dusíkový pretlak pri spekaní), pretože pri teplotách nad 1800°C môže dochádzať k rozkladu zrn nitridu kremíka, čo spôsobuje zmenu mikroštruktúry a tým aj vplýva na výsledné mechanické vlastnosti.

Podmienka, ktorá zaručuje dlhodobé použitie keramických materiálov pri vysokých teplotách (napr. lopatky turbín) je, že materiál môže vykázať 1 % creepovú deformáciu po dobu 10 000 hod., čomu približne zodpovedá rýchlosť creepovej deformácie ~ 3 x 10⁻¹⁰ s⁻¹. Z toho vyplýva, že nami študované kompozity môžu pracovať pri napätí 100 MPa do teploty ~ 1300°C.

Počas riešenia projektu bola experimentálne overená metodika merania odolnosti voči tepelným šokom na vzorkách s umelo vytvorenou trhlinou pomocou Vickersovho indentora. Potvrdilo sa, že táto pomerne jednoduchá metóda umožňuje získať reprodukovateľné výsledky a je vhodná na stanovenie odolnosti voči tepelným šokom v prípade novovyvíjaných konštrukčných keramických materiálov, ktoré sú limitované počtom/ rozmermi skúšobných vzoriek.

CHARAKTERISTIKA VÝSLEDKOV

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

Hlavným cieľom predkladaného projektu bolo štúdium vysokoteplotných vlastností SiC a novovyvíjaných SiC+Si₃N₄ kompozitov, ktoré boli pripravené spekaním práškov v prítomnosti kvapalnej fázy.

Výsledky analýz práce poukazujú na pozitívny vplyv žihania, ktoré je aplikované po žiarovom lisovaní keramických materiálov na báze SiC na ich mechanické aj vysokoteplotné vlastnosti.

Vplyvom tepelného spracovania dochádza k zmene mikroštruktúry z jemnozrnnej globulárnej na hrubozrnnejšiu platničkovú, a taktiež k zmene sekundárnej fázy vyskytujúcej sa medzi zrnami SiC. Žíhaním došlo k nárastu hodnôt lomovej húževnatosti, čo je z praktického hľadiska dôležité, nakoľko materiály na báze SiC majú nízku húževnatosť, ktorá limituje ich aplikačné možnosti v praxi. Žíhanie pri 1850°C má pozitívny vplyv aj na oxidačné správanie SiC materiálov a odolnosť voči tepelným šokom. Prídavok nitridu kremíka do SiC matrice (vyvíjanie SiC + Si₃N₄ kompozitu) vplýva na zvýšenie pevnosti a hlavne odolnosti voči tepelným šokom. Negatívne však ovplyvňuje vysokoteplotné tečenie-creep a nemá dopad na oxidačnú odolnosť keramických systémov.

Analýzou vplyvu mikroštruktúry na tepelno-mechanické vlastnosti sa zistilo, že do budúca by bolo vhodné pokračovať v štúdiu oxidačnej ako aj creepovej odolnosti pri ďalších

experimentálnych podmienkach (teplota, čas, výdrž na teplote, napätie) s cieľom komplexnejšie doplniť údaje, ktoré boli v rámci tohto projektu získané.

Záverom možno konštatovať, že všetky stanovené ciele projektu boli splnené.

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

The main aim of the project was to study the high temperature properties of SiC ceramics and new developed SiC+Si₃N₄ composites prepared by liquid phase sintering. The results show a positive influence of post sintering heat - treatment on mechanical and high-temperature properties of investigated materials.

It was found that the heat - treatment especially at highest temperature of 1850°C changed the microstructure significantly from globular to platelike (the coarsening of the microstructure of experimental materials were observed because phase transformation of SiC take place) and leads to the fracture toughness increase. SiC is a promising material for high temperature applications but the main disadvantage is low fracture toughness.

It was found that both the silicon nitride addition and heat-treatment have a positive effect in the improvement of the thermal shock resistance of the investigated composites. In contrast, the silicon nitride addition rapidly decreased a creep resistance. and has no influence on oxidation resistance. On the other hand, heat treated materials showed a better oxidation resistance as sintered composites.

However, the analyse of influence of microstructure on mechanical and thermal properties of SiC materials showed a necessity to continue with study of creep and oxidation resistance at different combination of experimental condition(temperature, time, stress) with the aim to improve the database of achieved results within this project.

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 16.12.2011

Štatutárny zástupca príjemcu

RNDr. Peter Ševc, PhD.

V Košiciach 16.12.2011

.....
podpis zodpovedného riešiteľa

.....
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu