

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-14-0216**
Multiškálové modelovanie viazaných polí v kompozitných materiáloch

Zodpovedný riešiteľ **prof., Ing. Ján Sládek, DrSc.**
Príjemca **Ústav stavebníctva a architektúry SAV**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Ústav stavebníctva a architektúry SAV

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

žiadne

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

žiadne

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

- [1] J. Sládek, V. Sládek, S. Krachulec, C. Song: Micromechanics determination of effective properties of voided magneto-electroelastic materials, Computational Material Science 116, (2016) 103-112.
- [2] J. Sládek, V. Sládek, M. Repka, P.L. Bishay: Static and dynamic behavior of porous elastic materials based on micro-dilatation theory: A numerical study using the MLPG method, International Journal of Solids and Structures, 96 (2016) 126-135.
- [3] J. Sládek, V. Sládek, P. Stanak, Ch. Zhang, C.L. Tan: Fracture mechanics analysis of size-dependent piezoelectric solids. International Journal of Solids and Structures, 113 (2017) 1-9.
- [4] J. Sládek, V. Sládek, H.H.-H. Lu, D.L. Young: The FEM analysis of FGM piezoelectric semiconductor problems. Composite Structures 163 (2017) 13-20.
- [5] J. Sládek, V. Sládek, P. Stanak, E. Pan: FEM formulation for size-dependent theory with application to micro coated piezoelectric and piezomagnetic fiber-composites, Computational Mechanics 59 (2017) 93-105.
- [6] J. Sládek, P.L. Bishay, M. Repka, E. Pan, V. Sládek: Analysis of quantum-dot systems under thermal loads based on gradient theory. Smart Material Structures 27 (2018) 095009.
- [7] J. Sládek, V. Sládek, M. Wunsche, Ch. Zhang: Effects of electric field and strain gradients on cracks in piezoelectric solids. European Journal of Mechanics/A Solids 71 (2018) 187–198.

Uplatnenie výsledkov projektu

Mnohé kompozitné materiály prinášajú novú kvalitu a často vlastnosti kompozitu sú výrazne lepšie ako vlastnosti komponentov. Efektívne alebo homogenizované materiálové vlastnosti závisia od vlastností jednotlivých komponentov a ich geometrického usporiadania. Je rozumné venovať sa vývoju matematických a numerických modelov na odvodenie homogenizovaných materiálových vlastností. Spôsob ako si s týmto problémom poradiť je nová modelovacia technika známa ako multiškálové modelovanie, pri ktorej sú makroskopické a mikroskopické modely vzájomne previazané, aby sa využili výhody efektívnosti makroskopických modelov a presnosť mikroskopických modelov. Ponúknuté numerické metódy pre inteligentné kompozity s časticami, vláknami vystužené kompozity a kompozity s pórami môžu byť použité pre optimálny návrh objemového pomeru kompozitných komponentov, aby sa získali výhody z rôznych materiálových vlastností komponentov, geometrických štruktúr a interakcií medzi jednotlivými zložkami pre výsledné nastavenie správania sa kompozitu. Ak sú mikroštruktúrne prvky malých rozmerov, štruktúra materiálu je zrovnateľná s celkovými rozmermi prvku, nie je možné použiť klasické modely mechaniky kontinua. Projekt prináša nové pokročilé modely kontinua zahrňujúce veľkostný efekt. Vplyv tohoto efektu na vlastnosti kompozitu prinášajú originálne publikácie tohoto projektu.

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

Cieľom projektu je vybudovať spoľahlivú výpočtovú metódu pre inteligentné kompozity, kde piezoelektrické/magneto-elektro-elastické vlákna sú vložené do elastickej matrice, aby sme optimálne navrhli takéto kompozity. Takéto kompozity majú super vlastnosti v porovnaní s vlastnosťami ich komponentov. Reálne modelovanie piezoelektrických alebo magneto-elektro-elastických kompozitov vyžaduje uvážiť aj dutiny a trhliny v týchto materiáloch. Cowin a Nunziato model je v projekte rozšírený na inteligentné kompozity s viazanými poľami. Hybridná/ zmiešaná metóda konečných prvkov a škálovaná hraničná metóda konečných prvkov sa vybuvovali v projekte na štúdium vplyvu porozity na elektro-mechanické vlastnosti v piezoelektrických kompozitoch. Numerické analýzy umožnia zvýšiť piezoelektrický efekt pri optimálnom návrhu. Piezoelektrické materiály môžu byť nevodiivé alebo polovodičové. V polovodičoch indukované elektrické pole vytvára elektrický prúd. Akusto-elektrický efekt v piezoelektrických polovodičoch je interakciou mechanických polí a pohyblivých nábojov. Vybuvovali sme metódu konečných prvkov pre 3-D úlohy so stacionárnymi okrajovými podmienkami a s funkcionálne gradovanými materialovými vlastnosťami v piezoelektrickom polovodiči. Gradácia materialových vlastností môže byť využitá pre optimálny návrh piezoelektrických polovodičov. Pokroky v technológii vedú k vývoju malých mikroelektronických komponent, kde klasická mechanika kontinua nemôže byť aplikovaná pre veľkostný efekt v mikro/nano konštrukciach. Uvažili sme veľkostný efekt pomocou gradientu deformácií v pokročilom kontinuálnom modeli. Ukázalo sa, že veľkostný efekt redukuje roztvorenie trhliny a tiež J-integrál voči výsledkom z klasickej mechaniky.

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

The goal of the project is to develop reliable computational methods for smart composites, where piezoelectric/magneto-electro-elastic fibres are embedded into an elastic matrix for optimal design of composites. These composites provide superior properties compared to their virgin monolithic constituent materials. Real modelling of piezoelectric or magneto-electro-elastic composite materials requires to consider voids and cracks in these materials. The Cowin and Nunziato model is extended here to smart composites with coupled fields. In the present research project the hybrid/mixed finite element method and the scaled boundary finite element method have been developed to study the effect of porosity on the electromechanical response of piezoelectric materials. Numerical analyses help to enhance the piezoelectric effect in composites. Piezoelectric materials can be characterized as either dielectrics or semiconductors. In semiconductors the induced electric field produces also the electric current. The acousto-electric effect in piezoelectric semiconductors is the interaction between the mechanical fields and the moving charges. The finite element method is developed to analyze three-dimensional boundary value problems under stationary boundary conditions and with functionally graded material properties in piezoelectric semiconductors. The gradation of material properties can be utilized for optimal design of

piezoelectric semiconductor structures. Advances in technology have resulted in the development of small microelectronic components and devices, where classical continuum models cannot be applied due to size effect in micro/nano sized structures. The size-effect is considered by including the strain gradients in advanced continuum models. The size effect reduces the crack opening and J-integral with respect to classical results.