



Témy dizertačných prác

v študijnom odbore **5.2.26 Materiály**, študijný program **Progressívne materiály a materiálový dizajn** so začiatkom štúdia v školskom roku **2017/2018**

Topics of dissertations

in study field **5.2.26 Materials**, study programme **Progressive materials and material design**, study beginning in academy year **2017/2018**

Téma/Topic 1: **Štúdium tvorby reakčnej vrstvy na povrchu hliníkových práškov počas nitrídácie v plynnom dusíku**

Study of formation of the reaction layer at the surface of aluminium powders during nitriding in gaseous nitrogen

Školiteľ/Supervisor: **Ing. Martin Balog, PhD.**

Cieľom práce je fenomenologický popis vzniku nitrídačnej reakčnej vrstvy vznikajúcej počas nitrídácie v plyne atomizovaných Al práškov, resp. práškových čapov, v plynnom dusíku v tuhom stave. Uvedený prístup tvorby nitrídačnej vrstvy na Al práškoch je využívaný pri príprave ultra-jemnozrnných Al kompozitných profilov spevnených, vystužených a stabilizovaných nanometrickými in-situ časticami AlN. Kontrolovateľná a rovnomerná tvorba AlN fázy na povrchu Al práškov je kritická z pohľadu mechanických, termických a fyzikálnych vlastností finálnych Al-AlN kompozitov. Úlohou doktoranda bude systematické štúdium a termodynamický popis tvorby reakčnej vrstvy, určenie vplyvu technologických parametrov na nitrídačný proces (teplota, čas, čistota použitého dusíka, veľkosť Al prášku, pórovitosť a veľkosť práškoveho prekursoru, atď.) a stanovenie možností moderovanej tvorby in-situ Al fázy. Doktorand využije pri svojej práci široké spektrum termických analýz (DTA, DSC, TGA, DIL, s prípadnou detekciou plynov), moderné postupy elektrónovej mikroskopie (SEM, TEM, EBSD), energiovo a vlnovo disperzívnej spektroskopie (EDS, WDS) a röntgenovej difrakcie. V záverečnom štádiu práce doktorand stanoví vplyv AlN fázy na základné mechanické a termické vlastnosti Al-AlN kompozitov, kde využije statickú skúšku v ťahu, termo-mechanické skúšky (Gleeble) a termické analýzy (DIL, DSC, LFA). Téma bude podporená bežiacim projektom s industriálnym partnerom a projektom základného výskumu zamerané na kompozity na báze Al-AlN.

The aim of the work is a phenomenological description of formation of the nitriding reaction layer formed during nitriding of gas-atomized Al powders, respectively powdered billets, in gaseous nitrogen in the solid state. The approach of the nitriding layer formation on Al powders is utilized for a fabrication of ultrafine-grained Al composite profiles reinforced, stiffened and stabilized by in-situ nanometric AlN particles. Controllable and uniform formation of AlN phase on a surface of Al powders is critical in terms of mechanical, thermal and physical properties of the final Al-AlN composites. PhD. candidate will be in a charge of systematic study and thermodynamic description of the formation of the reaction layer, determining the effect of processing parameters on the nitriding process (such as temperature, time, nitrogen purity, the Al powder size,

porosity and volume of the powdered billets, etc.) and identifying the options to moderate the formation of in-situ Al phase. PhD candidate will use in his work a wide range of thermal analysis (DTA, DSC, TGA, DIL, with the possible gases detection), modern methods of electron microscopy (SEM, TEM, EBSD), energy and wave dispersive spectroscopy (EDS and WDS) and X-ray diffraction. In the final stage of theses the effect of AlN phase on mechanical and thermal properties of Al-AlN composites will be determined. For this purpose PhD candidate will use a static tensile testing, thermo-mechanical tests (Gleeble) and thermal analysis (DIL, DSC, LFA). PhD theses will be supported by ongoing project with an industrial partner and a fundamental research project both focused on composites based on Al-AlN.

Téma/Topic 2: **Titán - horčíkový kompozit pre zubné implantáty (BIACOM)**

Titanium - magnesium composite for dental implants (BIACOM)

Školiteľ/Supervisor: **Ing. Martin Balog, PhD.**

Cieľom práce je príprava, charakterizácia a optimalizácia nového typu biomedicínskeho kovového kompozitu s názvom BIACOM (bio active composite metal), vyrobeného pomocou efektívneho prístupu práškovej metalurgie (PM). Hybridná BIACOM štruktúra sa skladá z bioinertnej titánovej (Ti) matrice, ktorá zabezpečuje mechanické vlastnosti implantátu, a bioodburateľného horčíka (Mg), prakticky nerozpustného prvku v Ti. Po prvé, prítomnosť Mg vedie ku zníženiu Youngovho modul pružnosti (E) v porovnaní s konvenčnými Ti a Ti zliatinami, čo povedie ku obmedzeniu efektu tzv. „stress shielding“ javu. Po druhé, Mg poskytuje základ pre selektívnu biodegradáciu implantátu tvorbou pórov na povrchu a v objeme implantátu pri expozícii implantátu koróznemu prostrediu, zatiaľ čo Ti matrica zostáva nedotknutá. Odbúraný Mg je nahradený tvorbou nového tkaniva / kosti po implantácii, čím sa zabezpečí lepšia oseointegrácia, dochádza ku ďalšiemu poklesu E a zlepšuje sa mechanická kompatibilita s kosťou. Zníženie E by nemalo viesť ku výraznému poklesu ostatných mechanických vlastností. Tým pádom môžu byť BIACOM implantáty využité pre mechanicky zaťažované aplikácie, ako sú napríklad zubné implantáty, často vystavené intenzívnemu únavovému namáhaniu. PhD. kandidát bude zodpovedný za systematický vývoj Ti-Mg kompozitov s optimalizovanou mikroštruktúrou vyrobených pomocou viacerých PM prístupov s cieľom dosiahnuť požadované vlastnosti BIACOM zubného implantátu (tj., mechanické a in-vitro korózne vlastnosti). Pre charakterizáciu kompozitného materiálu doktorand bude používať metódy termickej analýzy (DTA, DSC, TGA), moderné metódy elektrónové mikroskopie (SEM, TEM, EBSD), spektrometrické metódy (EDS a WDS), röntgenovú difrakciu (XRD), ťahové skúšky, termo-mechanické testy (Gleeble), špeciálne únavové a korózne skúšky. Doktorská práca bude podporená projektom základného výskumu a študent bude úzko spolupracovať so zahraničnou univerzitou (zubné lekárstvo).

The objective of the work is to fabricate, characterize and optimize a new type of biomedical metal-metal composite, named BIACOM (bio active composite metal), fabricated by cost effective approach of various powder metallurgy (PM) techniques. Hybrid BIACOM structure comprises bio-inert titanium (Ti) matrix, which remains permanent after implantation and provides mechanical performance of implant, and biodegradable magnesium (Mg) component, virtually unmixable element in Ti. Firstly, present Mg shall lower Young`s modulus (E) compared to conventional Ti and Ti alloys, which should reduce stress shielding phenomenon. Secondly, Mg provides basis for selective biodegradation of implant by creating pores on surface and volume of implant, where there is exposure to corrosive medium, while Ti matrix stays intact. Eluted Mg is replaced by new bone formation after implantation, by which it should improve osseointegration, it further lowers E and improves mechanical compatibility with bone. Reduction of E of BIACOM should not deteriorate markedly other mechanical properties. Thus, BIACOM implants are aimed for intense load-bearing application, such as dental

implants, often subjected to rigorous fatigue loading and is to be compared directly to Ti Grade 4, the reference material of dental implants. PhD. candidate will be in a charge of systematic study on fabrication of Ti-Mg composites with optimized microstructure produced via various PM methods with an aim of reaching required performance of BIACOM as dental implant (i.e., mechanical and in-vitro corrosion properties). For characterisation of composite material PhD candidate will use thermal analysis (DTA, DSC, TGA), modern methods of electron microscopy (SEM, TEM, EBSD), energy and wave dispersive spectroscopy (EDS and WDS), X-ray diffraction, tensile testing, thermo-mechanical tests (Gleeble), dedicated fatigue and corrosion tests. PhD theses will be supported by a fundamental research project and a student will tightly cooperate with foreign university (dental medicine).

Téma/Topic 3: Kompozitné panely so skeletom z penového hliníka na uskladňovanie tepla

Composite panels with aluminum foam skeleton for heat storage

Školiteľ/Supervisor: **Dr. Ing. Jaroslav Jerz**

Cieľom práce je navrhnúť, pripraviť a experimentálne overiť fyzikálne vlastnosti panelov z kompozitných materiálov, ktorých skelet je tvorený penovým hliníkom vyrobeným práškovou metalurgiou, určených na krátkodobé uskladňovanie tepla získaného zo solárnych kolektorov v interiéroch budov. Využitie naakumulovaného tepla v zimnom období v čase po západe slnka, ako aj možnosť uloženia nežiaduceho tepla naakumulovaného počas horúcich letných dní a jeho postupné odvedenie do okolia budovy cez noc umožňuje významne znížiť náklady na udržiavanie dobrého tepelného komfortu v interiéri. Teplo sa bude uskladňovať vo forme latentného tepla fázovej premeny pri roztápaní jednej zložky kompozitného panelu a naopak uvoľňovať pri jej tuhnutí. Druhú zložku kompozitného panelu bude tvoriť penový hliník, ktorý bude slúžiť ako nosný skelet pre materiál s fázovou premenou a súčasne ako prostriedok pre transfer tepla medzi týmto materiálom a nosným skeletom. Cieľom práce bude navrhnúť optimálnu kombináciu materiálov vhodných na tento účel a štruktúry penového hliníka, pričom nosný skelet by mal mať čo najnižšiu tepelnú kapacitu a čo najvyššiu tepelnú vodivosť. Materiál s fázovou premenou musí mať naopak veľké skupenské teplo tuhnutia resp. topenia a malú objemovú zmenu pri zmene skupenstva. Obidve zložky kompozitu nesmú vzájomne chemicky reagovať pri pracovných teplotách a mali by byť netoxické, korózne odolné, prípadne nehorľavé. Kompozity sa budú pripravovať infiltráciou roztopenej zložky do nosného pórovitého skeletu z penového hliníka. Pri hodnotení vlastností budú využívané najmodernejšie postupy termickej analýzy, dilatometrie a korózných skúšok. Výsledky práce budú publikované v prestížnych vedeckých časopisoch a v spolupráci s domácimi a zahraničnými priemyselnými partnermi aplikované pri uskladňovaní tepla v interiéroch budúcich budov s takmer nulovou spotrebou energie.

The main objective of the work is to suggest, develop and experimentally verify the physical properties of panels made of composite materials whose skeleton is formed of aluminum foam produced by powder metallurgy for short-term storage of heat obtained from solar collectors for indoor use. Use of accumulated heat in the winter time after sunset, as well as the possibility to store excessive heat accumulated during the hot summer days and its gradual releasing to the surroundings of the building overnight, allows significantly to reduce the cost for maintaining of a good thermal comfort in the interior. Thermal energy will be stored as a latent heat needed for melting of one composite component and released back during its solidification. The second component of the composite panel will be used as a load bearing skeleton and also as a path for optimal heat transfer between this material and skeleton. The scientific work will include suggestion of optimal combination of main composite components and the structure of aluminium foam, while the porous skeleton should possess low heat capacity and as high

as possible thermal conductivity. The material for heat storage should possess on the contrary large phase changing latent heat and low volume shrinkage during solidification. The both components shall not react mutually at working temperatures and need to be non toxic, corrosion resistant and non inflammable. The composites will be prepared by infiltration of liquid heat storage component into porous load bearing and conductive skeleton made of aluminium foam. The heat storage performance of the composite will be evaluated by modern methods of thermal analysis, dilatometry and corrosion testing. The results of work will be published in prestigious scientific journals and in cooperation with domestic and foreign industrial partners applied as components for to the storage of heat in interiors of future nearly zero energy buildings.

Téma/Topic 4: Zliatiny s vysokou entropiou pre jadrovú energetiku
High entropy alloys for nuclear power engineering

Školiteľ/Supervisor: **Ing. Juraj Lapin, DrSc.**

Extrémne prevádzkové podmienky vysokoteplotných jadrových reaktorov novej generácie chladených héliom si vyžadujú vývoj nových materiálov s unikátnymi vlastnosťami. Veľmi perspektívnymi novými materiálmi pre jadrovú energetiku sa javia nové a doteraz málo preskúmané zliatiny vyznačujúce sa vysokou entropiou (HEA). Aj keď informácie o radiačnej odolnosti týchto materiálov sú zatiaľ veľmi obmedzené, prvé publikované výsledky sú veľmi sľubné. Na rozdiel od klasických zliatin, HEA sa vyznačujú „samoliečením“ v priebehu ožarovania. Doktorand/ka sa bude podieľať na príprave HEA typu Fe-Ni-Mn-Cr-X, kde X je piaty hlavný legujúci prvok, pomocou indukčného tavenia a gravitačného odlievania. Pomocou svetelnej mikroskopie, riadkovej elektrónovej mikroskopie, energiovo-disperznej spektroskopie, vlnovo disperznej spektroskopie a röntgenovej difrakčnej analýzy bude charakterizovať mikroštruktúru a fázové zloženie pripravených materiálov. Bude skúmať základné mechanické vlastnosti skúmaných materiálov pomocou skúšok v ťahu, tlaku a meraním tvrdosti. Od uchádzača/ky sa vyžaduje experimentálna zručnosť, poznatky z náuky o materiáloch, základné poznatky o fázových diagramoch, základné znalosti experimentálnych metód hodnotenia štruktúry materiálov, mechanického skúšania ako aj ovládanie jazyka anglického.

Extreme operating conditions of new generation of nuclear reactors cooled by helium require development of new materials with unique properties. High entropy alloys (HEA), which have been only little explored up to now, represent very promising group of materials for nuclear power engineering. Although information about irradiation resistance of these materials is very limited, the first published results are very promising. On the contrary to classical alloys, the HEA show self-healing behaviour during irradiation. The PhD student will participate on preparation of Fe-Ni-Mn-Cr-X type of HEA entropy alloys, where X is the fifth main alloying element, using induction melting and casting. Microstructure, chemical composition and phase composition of the prepared alloys will be characterised by optical microscopy, scanning electron microscopy, energy dispersive spectroscopy, wavelength dispersive spectroscopy and X-ray diffraction analysis. Basic mechanical properties of the studied materials will be characterized by tensile testing, compression testing and hardness measurements. The candidate needs to demonstrate laboratory experimental skills, knowledge of materials science, knowledge about phase diagrams, basic knowledge of experimental methods for microstructure characterisation and mechanical testing of materials as well as English language knowledge.

Téma/Topic 5: Zliatiny s vysokou entropiou pre vysokoteplotné konštrukčné aplikácie

High entropy alloys for high temperature structural applications

Školiteľ/Supervisor: **Ing. Juraj Lapin, DrSc.**

Výskum v oblasti nových konštrukčných materiálov určených pre prácu v extrémnych podmienkach, ako sú vysoké pracovné teploty, agresívne prostredie a kombinované namáhanie, sa zameriava na veľmi perspektívnu skupinu zliatin s vysokou entropiou (HEA). HEA by mali nahradiť v súčasnosti používané superzliatiny, čo si bude vyžadovať okrem dizajnu základného chemického zloženia skúmať aj vhodné spôsoby ich vysokoteplotného spevnenia. Doktorand/ka sa bude podieľať na príprave HEA typu Fe-Co-Cr-Ni-X, kde X je piaty hlavný legujúci prvok, pomocou indukčného tavenia a gravitačného odlievania. Navrhne legovanie základného systému vhodnými minoritnými prísadami a bude skúmať vplyv zvolených prísad na procesy substitučného/precipitačného spevnenia. Pomocou svetelnej mikroskopie, riadkovej elektrónovej mikroskopie, transmisnej elektrónovej mikroskopie, energiovo-disperznej spektroskopie, vlnovo disperznej spektroskopie a röntgenovej difrakčnej analýzy bude charakterizovať mikroštruktúru a fázové zloženie pripravených zliatin. Bude skúmať mechanické vlastnosti vyvíjaných zliatin pomocou skúšok v ťahu, tlaku, creepu a meraním tvrdosti. Od uchádzača/ky sa vyžaduje experimentálna zručnosť, poznatky z náuky o materiáloch, základné poznatky o fázových diagramoch, základné znalosti experimentálnych metód hodnotenia štruktúry, mechanického skúšania materiálov ako aj ovládanie jazyka anglického.

The research in the field of structural materials for applications at extreme conditions such as high temperatures, aggressive environment and combined loading conditions is focused on a very perspective group of high entropy alloys (HEA). The HEA should replace currently used superalloys, which will require beside the design of the basic chemical composition also an extensive research of their appropriate high temperature strengthening. The PhD student will participate on preparation of Fe-Co-Cr-Ni-X type of HEA entropy alloys, where X is the fifth alloying element, using induction melting and casting. The student will propose alloying of the basic system by appropriate minor additions and will study the effect of the selected alloying additions on substitution/precipitation strengthening processes. Microstructure, chemical composition and phase composition of the alloys will be characterised by optical microscopy, scanning electron microscopy, transmission electron microscopy, energy dispersive spectroscopy, wavelength dispersive spectroscopy and X-ray diffraction analysis. Mechanical properties of the alloys will be studied by tensile testing, compression testing, creep and hardness measurements. The candidate needs to demonstrate laboratory experimental skills, knowledge of materials, knowledge about phase diagrams, basic knowledge of experimental methods for microstructure characterisation, mechanical testing of materials as well as English language knowledge.

Téma/Topic 6: Zlepšovanie húževnatosti v kvaternárnych tvrdých vrstvách pripravených PVD technikami

Toughness enhancement in quaternary hard coatings prepared by PVD techniques

Školiteľ/Supervisor: **Ing. Marián Mikula, PhD.**

Dizertačná práca sa zaoberá zlepšovaním húževnatosti v inherentne krehkých tvrdých keramických vrstvách. Nitridy tranzitívnych kovov (TMNs), najmä ternáry Ti-Al-N a Cr-Al-N, všeobecne charakteristické kubickými NaCl (B1) tuhými roztokmi, sú typickými

predstaviteľmi súčasných priemyselných vrstiev, kde sa kladie dôraz na vysokú tvrdosť, vysokú teplotnú stabilitu, dobrú oxidačnú odolnosť a chemickú inertnosť, ktoré umožňujú výrazné predĺženie životnosti rezných nástrojov, čo vedie k dramatickému poklesu nákladov spôsobených opotrebením. Žiaľ, keramiky sú typicky charakteristické svojou neodmysliteľne nízkou húževnatosťou, ktorá je definovaná ako schopnosť materiálu odolávať inicializácii trhlin, ktoré sa ďalej šíria a spôsobujú lom. Kvôli ďalšiemu zlepšovaniu a/alebo „ladeniu“ horeuvedených vlastností TMNs, sa zdá byť veľmi sľubný koncept viacprvkového legovania nitridmi prvkov z IIIB, IVB, VB a VIB skupiny (Y, Zr, Hf, V, W, Nb, Ta, and Mo). Na prípravu vybraných tvrdých vrstiev budú v práci použité moderné prístupy vo fyzikálnej depozícii z pár, konkrétne magnetronové naprašovanie s nevyváženými magnetronmi. Okrem merania mechanických vlastností vrstiev nanoindentačnými technikami budú skúmané ich ďalšie dôležité vlastnosti súvisiace s mechanickým správaním sa tvrdých vrstiev použitím viacerých analytických metód: teplotná stabilita vytvorených nanoštruktúr, ich dekompozičné techniky, formovanie metastabilných a stabilných fáz, pomocou skenovacieho elektrónového mikroskopu (SEM), energeticko-disperzívnej röntgenovej spektroskopie (EDS), ultrafialovej fotoelektrónovej spektroskopie (UPS), röntgenovej fotoelektrónovej spektroskopie (XPS), röntgenovej difrakčnej analýzy (XRD), transmisnej elektrónovej mikroskopie (TEM) a ďalších.

Dissertation thesis deals with toughness enhancement in inherently brittle hard ceramic coatings. Transition metal nitrides (TMNs), especially Ti-Al-N and Cr-Al-N ternaries, generally characterized by cubic NaCl-structure (B1) solid solutions are typical representatives of contemporary industrial coatings with emphasis on high hardness, high thermal stability, good oxidation resistance, and chemical inertness which allow for significant extension of tools' lifetimes ultimately resulting in drastic reductions of costs caused by wear. Unfortunately, ceramics are typically characterized by inherently low toughness, where the latter is defined as material's ability to resist crack initiation and propagation up to fracture. In order to further improve and/or tune the aforementioned TMNs properties, the concept of multicomponent alloying with nitrides of elements from groups IIIB, IVB, VB and VIB (Y, Zr, Hf, V, W, Nb, Ta, and Mo) is a promising approach. Modern approaches in physical vapor deposition, namely magnetron sputtering with unbalanced magnetrons will be used for preparation of selected hard coatings. In addition to measuring the mechanical properties using nanoindentation techniques, further important properties of the coatings which are related to the mechanical behavior of hard coatings will be investigated: thermal stability of formed nanostructures, their decomposition processes, formation of metastable and stable phases using several analytical methods for example scanning electron microscopy (SEM), energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS), ultraviolet photoelectron spectroscopy (UPS), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), X-ray diffraction analysis (XRD), transmission electron microscopy (TEM), etc.

Téma/Topic 7: Vplyv parametrov trecieho zvárania a veľkosti hliníkových práškov na mikroštruktúru a štruktúrnu stabilitu jemnozrnných hliníkových materiálov

Effect of parameters of the friction stir welding and powder size on the microstructure and structural stability of fine-grained aluminum

Školiteľ/Supervisor: **Ing. Martin Nosko, PhD.**

Práca je zameraná na mikroštruktúrnu charakterizáciu základných materiálov a zvarových spojov vyrobených z jemnozrnných Al práškov rôznych zrnitostí. Zvarové spoje boli vyrobené trecím zváraním pri rôznych parametroch zvárania. Cieľom práce je samotná charakterizácia zmien v mikroštruktúre v závislosti od veľkosti práškov a

parametrov trecieho zvarania za účelom pochopenia mikroštruktúrnych zmien pri izbovej teplote a počas vystavenia zvýšeným teplotám do 300°C. Práca pozostáva zo štyroch hlavných častí: 1.Výroba materiálov pre účely trecieho zvarania. 2.Spájanie materiálov rôznych zrnitostí pri rôznych parametroch zvarania. 3.Charakterizácia mikroštruktúry materiálov a zvarových spojov pomocou svetelnej, rastrovacej a transmisnej mikroskopie. Súčasťou rastrovacej mikroskopie bude sledovanie zmien v mikroštruktúre pomocou EBSD metódy. 4.Vplyv teploty na mechanické vlastnosti základných materiálov a zvarových spojov za účelom zistenia štruktúrnej stability za zvýšených teplôt. Študent bude počas štúdia oboznámený so samotnou výrobou materiálu, jeho zvaraním a následne bude realizovať mechanické skúšky ako aj charakterizovať mikroštruktúru, čo dáva dobré predpoklady pre nadobudnutie ako výrobných, tak aj charakterizačných zručností pomocou mikroskopie. Nadobudnuté výrobné a charakterizačné zručnosti môže absolvent využiť po úspešnom ukončení v praxi alebo vo vedeckej sfére ako doma tak aj v zahraničí. Počas štúdia bude absolvent podporovaný nadväzovať medzinárodnú spoluprácu a absolvovať zahraničné stáže. Práca bude riešená v rámci projektu APVV a VEGA s možnosťou osobného hodnotenia už počas štúdia.

This work is focused on the structural characterization of base metal and weld manufactured by extrusion from fine grained aluminum powder. Welds were prepared by friction stir welding under various manufacturing parameters. Main aim of the work is to characterize microstructural changes in dependence on welding parameters and powder size at room and elevated temperature up to 300°C. The work consists of the four main parts: 1.Manufacturing of materials (different powder size). 2.Welding of the materials using friction stir welding. 3.Microstructural characterization of the base metal and welds using SEM, EBSD and TEM. 4.Effect of the temperature on the structural stability base metal and weld. During the study, student will gather knowledge from material manufacturing through direct extrusion, joining via friction stir processing and microstructural characterization by scanning electron microscopy, electron backscatter diffraction (EBSD) and transmission microscopy. The gathered knowledge can be used in science or in private companies focused on the manufacturing, joining and development. Student will be supported to get scholarship to join research team in Slovakia or abroad. Work is realized as a part of the project financed by Slovak research and development agencies APVV and VEGA and student can be therefore financially motivated during the study.