



Témy dizertačných prác Topics of dissertations

Spolupracujúca fakulta: **Materiálovotechnologická fakulta STU**

Akademický rok: **2020/2021**

Collaborating faculty: **Materiálovotechnologická fakulta STU**

Academy year: **2020/2021**

Študijný odbor: **36 Strojárstvo**

Študijný program: **Progresívne materiály a materiálový dizajn**

Dĺžka štúdia: **4 roky**

Study field: **36 Engineering**

Study programme: **Advanced materials and material design**

Length of study: **4 years**

Téma 1: **Deformácia a lom precipitačne spevnených komplexných koncentrovaných zliatin**

Topic 1: **Deformation and fracture of precipitation strengthened complex concentrated alloys**

Školiteľ/Supervisor: **Ing. Juraj Lapin, DrSc.** (juraj.lapin@savba.sk)

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 precipitačne spevnených komplexných koncentrovaných zliatin (CCA). CCA by mali nahradiť v súčasnosti používané niklové superzliatiny, čo bude vyžadovať skúmať ich deformačné správanie v priebehu tvárnenia a iniciáciu a šírenie trhlin v priebehu mechanického namáhania. PhD práca bude zameraná na skúmanie deformačného správania a lom CCA typu Co-Cr-Fe-Ni-Al-X, kde X je minoritný legujúci prvok. Doktorand/ka sa bude podieľať na charakterizovaní deformačného správania skúmaných CCA pomocou termomechanického simulátora Gleeble. Experimentálne stanoví závislosti medzi teplotou tvárnenia, rýchlosťou deformácie, lokálnymi deformáciami a deformačnými napätiami. Bude skúmať deformačné správanie CCA v priebehu skúšok v ťahu, tlaku a skúšok lomovej húževnatosti. Pomocou metódy konečných prvkov a programu ANSYS bude simulovať deformačné správanie skúmaných CCA, určí kritické lokálne napätia a kritické lokálne deformácie potrebné na iniciáciu a šírenie trhliny až do lomu. Numerické výpočty bude verifikovať experimentálne. Od uchádzača/ky sa vyžaduje experimentálna zručnosť, poznatky z aplikovanej mechaniky, základné poznatky z náuky o materiáloch, vedomosti o mechanickom skúšaní materiálov, ovládanie programu ANSYS ako aj dobrú znalosť anglického jazyka.

Research of new structural materials designed to work in extreme conditions, such as high working temperatures, aggressive environments and combined stresses, focuses on a very promising group of precipitation-hardened complex concentrated alloys (CCAs). The CCAs should replace the nickel superalloys currently in use, which will require investigating their deformation behaviour during mechanical working and the initiation

and propagation of cracks during mechanical loading. The PhD work will be focused on the investigation of deformation behaviour and fracture of Co-Cr-Fe-Ni-Al-X type of CCAs, where X is a minor alloying element. The PhD student will be involved in characterising the deformation behaviour of CCAs using the thermomechanical simulator Gleeble. The dependencies between mechanical working temperatures, strain rates, local deformations and stresses will be determined. He/she will investigate the deformation behaviour of the CCAs during tensile, compression and fracture toughness tests. The deformation behaviour, critical local stresses and critical local deformations needed for crack initiation and propagation up to fracture of the investigated CCAs will be modelled using the finite element method and the ANSYS program. Numerical calculations will be verified experimentally. The candidate is required to have experimental skills, knowledge of applied mechanics, basic knowledge of materials science, knowledge of mechanical testing of materials, knowledge of the ANSYS program as well as a good knowledge of English.

Téma 2: Mikroštruktúra a vlastnosti in-situ kompozitov na báze TiAl
Topic 2: Microstructure and properties of TiAl based in-situ composites

Školiteľ/Supervisor: **Ing. Juraj Lapin, DrSc.** (juraj.lapin@savba.sk)

Zliatiny na báze TiAl sa vyvíjajú pre niektoré konštrukčné aplikácie v leteckom a automobilovom priemysle z dôvodu svojej vysokej špecifickej pevnosti. V súčasnosti vyrábané komponenty zo zliatin TiAl pre letecké motory môžu pracovať len do teploty 750 °C. Zníženie emisie leteckých motorov si však vyžaduje, aby tieto ľahké materiály dokázali dlhodobo pracovať pri vyšších teplotách. Z uvedeného dôvodu sa súčasný výskum zameriava na vývoj a výskum nových zliatin a in-situ kompozitov s maticou na báze TiAl spevnených časticami, ktoré budú môcť pracovať dlhodobo pri teplotách nad 800 °C a nahradia v súčasnosti používané niklové superzliatiny. PhD práca bude zameraná na charakterizovanie nových in-situ kompozitov s lamelárnou maticou pozostávajúcou z lamiel intermetalických fáz TiAl a Ti₃Al, ktoré budú spevnené karbidickými časticami. Doktorand/ka sa bude podieľať na charakterizovaní mikroštruktúry a mechanických vlastností týchto in-situ kompozitov. Pomocou svetelnej mikroskopie, riadkovej elektrónovej mikroskopie, transmisnej elektrónovej mikroskopie, energiovo-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 dobrú znalosť anglického jazyka.

TiAl-based alloys are developed for some structural applications in the aerospace and automotive industries because of their high specific strength. Currently produced TiAl components for aircraft engines can only operate up to a temperature of 750 °C. However, reducing aircraft engine emissions requires that these lightweight materials could operate at higher temperatures for long time. For this reason, current research is focused on the development and research of novel alloys and in-situ composites with TiAl-based matrix reinforced with particles. These new materials should operate for long time at temperatures above 800 °C and replace the currently used heavy nickel base superalloys. The PhD work will be focused on the characterisation of new in-situ lamellar matrix composites consisting of TiAl and Ti₃Al intermetallic lamellae, which will be reinforced by carbide particles. The PhD student will be involved in characterising the microstructure and mechanical properties of these in-situ composites. Using light microscopy, scanning electron microscopy, transmission electron microscopy, energy-dispersive spectroscopy and X-ray diffraction analysis, the student will characterise the microstructure and phase composition of the prepared alloys. He/she will

investigate the mechanical properties of the developed alloys using tensile, compression, creep and hardness testing. The candidate is required to have experimental skills, knowledge of materials science, basic knowledge of phase diagrams, basic knowledge of experimental methods of structure evaluation, mechanical testing of materials as well as a good knowledge of English.

Téma 3: Vplyv reakčnej väzby na teplotnú rozťažnosť dlhovláknových kompozitov na báze Mg zliatin

Topic 3: Influence of reaction bond on thermal expansion of Mg-based long-fiber composites

Školiteľ/Supervisor: **Mgr. Stanislav Kúdela, PhD.** (stanislav.kudela-ml@savba.sk)

Štúdium reakčnej väzby kompozitného systému ľahkých, nízkolegovaných (1-3 %) horčíkových binárnych (MgLi) a ternárnych (MgLiZn a MgLiAl) zliatin a kontinuálnych uhlíkových vlákien. Kompozitné materiály budú pripravené metódou tlakovej infiltrácie. Budú použité dva typy uhlíkových vlákien. Vlákná typu T300 s neusporiadanou vnútornou štruktúrou a nízkou hustotou a vlákna typu Granoc s usporiadanou vnútornou štruktúrou a vyššou hustotou. Kompozity budú študované teplotným cyklovaním pri dilatáčnych meraniach v pozdĺžnom a priečnom smere vzhľadom na orientáciu vlákien. V oboch prípadoch je rozhranie vlákno-matrica namáhané v šmyku aj normálovom smere takže uvedené experimenty poskytnú informáciu o funkčnosti medzifázovej väzby. Lítium aj hliník sú karbidotvorné prvky s rôznymi mechanizmami tvorby karbidov. Preto sa zameriame na jednotlivé mechanizmy interakcie medzi zliatinou a vláknami ako aj na možné vzájomné blokovanie alebo synergiu účinkov legujúcich prvkov na vytváranie funkčnej medzifázovej väzby. Rozsah medzifázovej interakcie bude kontrolovaný kinetickými premennými (koncentrácia, infiltračná teplota a čas). Tieto kompozitné materiály disponujú veľmi vysokou špecifickou pevnosťou a preto majú široký aplikačný potenciál.

Study of reaction bonding of composite system of light, low-alloy (1-3%) magnesium binary (MgLi) and ternary (MgLiZn and MgLiAl) alloys and continuous carbon fibers. Composite materials will be prepared by pressure infiltration method. Two types of carbon fibers will be used. Fibers type T300 with a disordered inner structure and low density, and Granoc fibers with an ordered inner structure and higher density. Composites will be studied by thermal cycling in dilatation measurements in longitudinal and transverse directions with respect to fiber orientation. In both cases, the fiber-matrix interface is stressed in both shear and normal directions so that the above experiments provide information on the functionality of the interfacial bond. Both lithium and aluminum are carbide-forming elements with various carbide-forming mechanisms. Therefore, we will focus on the individual mechanisms of interaction between the alloy and fibers as a possible mutual blocking or synergy of the effects of alloying elements on the formation of a functional interfacial bond. The extent of interphase interaction will be controlled by kinetic variables (concentration, infiltration temperature and time). These composite materials have a very high specific strength and therefore have a wide application potential.

Téma 4: Vysokovýkonné materiály pre odvod tepla z malých zdrojov

Topic 4: High performance materials for heat dissipation from small heating sources

Školiteľ/Supervisor: **Ing. Jaroslav Kováčik, PhD.** (jaroslav.kovacik@savba.sk)

Cieľom PhD práce je meranie a modelovanie vlastností kovových kompozitných materiálov pripravených metódou infiltrácie roztaveného kovu do pórovitých predforiem.

Skúmané budú kompozity s kovovou maticou vystuženou uhlíkovými vláknami alebo diamantovými časticami. V práci sa budú pripravovať kompozitné materiály metódou infiltrácie roztaveného kovu do pórovitých vzoriek z uhlíkových vlákien alebo diamantov. Meniť sa budú technologické parametre procesu výroby, hlavne teplota a čas infiltrácie. Tiež sa bude meniť chemické zloženie kovovej matrice, do ktorej sa budú pridávať rôzne prvky vo veľmi malých množstvách podľa toho aký typ karbidotvornej reakcie má prebehnúť na rozhraní a aké rozhranie sa má vytvoriť. Bude sa skúmať štruktúra a zloženie rozhrania pomocou elektrónovej a podľa potreby aj transmisnej elektrónovej mikroskopie. Sledovať sa bude vplyv vytvoreného rozhrania na mechanické a termofyzikálne vlastnosti kompozitu, ktoré budú následne modelované pomocou teórie perkolácie.

The aim of PhD work is to measure and model the properties of metal matrix composite materials prepared by the method of gas pressure infiltration of molten metal into porous preforms. Composites with a metal matrix reinforced with carbon fibers or diamond particles will be investigated. In the work composite materials by the method of gas pressure infiltration of molten metal into porous carbon fiber or diamond samples will be prepared. The technological parameters of the production process, especially temperature and time of infiltration, will be varied. Also, the chemical composition of the metal matrix will be varied, in such a way that various elements will be added in very small amounts into matrix metal to inhibit carbide forming reaction at the interface between matrix and reinforcement. The structure and composition of the interface will be investigated by means of electron and, if necessary, transmission electron microscopy. The influence of the created interface on the mechanical and thermophysical properties of the composite will be studied, which will be subsequently modelled using the theory of percolation.

Téma 5: Vývoj vysokopevných precipitačne spevnených komplexných koncentrovaných zliatin

Topic 5: Development of high-strength precipitation hardenable complex concentrated alloys

Školiteľ/Supervisor: **Ing. Juraj Lapin, DrSc.** (juraj.lapin@savba.sk)

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 komplexných koncentrovaných zliatin (CCA). CCA by mali nahradiť v súčasnosti používané superzliatiny, čo bude vyžadovať okrem dizajnu základného chemického zloženia preskúmať aj vhodné spôsoby ich vysokoteplotného spevnenia. PhD práca bude zameraná na dizajn, metalurgickú prípravu a odlievanie nových vysokopevných precipitačne spevnených CCA typu Co-Cr-Fe-Ni-Al-X, kde X je minoritný legujúci prvok. Zvýšenie vysokoteplotnej pevnosti sa dosiahne vhodným legovaním a precipitáciou intermetalických fáz v neusporiadanom tuhom roztoku CCA. Doktorand/ka sa bude podieľať na príprave CCA 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 vzťahy medzi mikroštruktúrou a mechanickými vlastnosťami vyvíjaných zliatin. 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 dobrú znalosť anglického jazyka.

Research on new structural materials designed to work in extreme conditions, such as high working temperatures, aggressive environments and combined stresses, focuses on a very promising group of complex concentrated alloys (CCAs). Since the CCAs should replace the currently used superalloys, besides the design of their basic chemical composition, suitable methods of their high-temperature strengthening should be investigated. PhD work will be focused on the design, metallurgical preparation and casting of new high strength precipitation hardened Co-Cr-Fe-Ni-Al-X type of CCA, where X is a minor alloying element. An increase in the high temperature strength will be achieved by suitable alloying and precipitation of the intermetallic phases and solid solutions in a disordered solid solution based on CCA. The PhD student will be involved in the preparation of CCA by induction melting and gravity casting. It is expected from the PhD student to propose the alloying of the basic system with suitable minor additions and investigations of the influence of the selected additives on the substitution/precipitation hardening processes. Using light microscopy, scanning electron microscopy, transmission electron microscopy, energy-dispersion spectroscopy, wave dispersion spectroscopy and X-ray diffraction analysis, the microstructure and phase composition of the prepared alloys will be characterised. The relationships between the microstructure and the mechanical properties of the alloys will be determined. The candidate is required to have experimental skills, knowledge of materials science, basic knowledge of phase diagrams, basic knowledge of experimental methods of structure evaluation, mechanical testing of materials as well as a good knowledge of English.