

## Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-14-0934**

**Ekonomická príprava práškoveho hydridu horčíka z roztaveného horčíka**

Zodpovedný riešiteľ **Dr., Ing. František Simančík**

Príjemca **Ústav materiálov a mechaniky strojov SAV**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Ústav materiálov a mechaniky strojov SAV

### Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Fyzikálny ústav SAV

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

1. PCT na vynález, ktorý rieši možnosti využitia Mg prášku pri čiastočne rozpustných biokompatibilných materiáloch podané v roku 2016. V rámci národných vstupov z tohto vynálezu bola podaná európska prihláška a prihláška pre Izrael.

Číslo PV: PCT/IB2016/054220

Mená autorov: Balog Martin, Krížik Peter, Čatić Amir, Schaperl Zdravko

Názov vynálezu: COMPOSITE MATERIAL FOR IMPLANTS, ITS USE AND METHOD OF ITS PRODUCTION

Majiteľ / spolumajiteľ: Ústav materiálov a mechaniky strojov SAV

2. Patentová prihláška SR, PCT Číslo PV: PP50037-2017

Mená autorov: Balog Martin, Krížik Peter, Kováč Pavol, Hušek Imrich, Kopera Ľubomír

Názov vynálezu: Supravodič na báze MgB<sub>2</sub> s plášťom na báze Al a spôsob jeho výroby

Majiteľ / spolumajiteľ: Ústav materiálov a mechaniky strojov SAV, Elektrotechnický ústav SAV

3. Patentová prihláška SR:

Spôsob tvarovania konštrukčného prvku, autori P. Svec (Jr.), P. Svec (Sr.), D. Janickovic, J. Hosko, M. Halasz, prihlasovateľ Fyzikálny ústav SAV, č. dokumentu 288586, udelený 06/2018.

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

1. SIMANČÍK, František - ŠKROBIAN, Milan. Horčík-efektívny spôsob sezónneho uskladnenia energie. In Alternatívni zdroje energie 2018 : Sborník přednášek z konference. - Praha : Společnost pro techniku prostředí, 2018, p. 175-182. ISBN 978-80-02-02805-5. Dostupné na internete: <http://www.azecr.cz/cz/program-konference>

2. Ján Škoviera, Tomáš Krajňák, Peter Švec: Comparison of planar flow cast magnesium and its non-transition metal alloys  
AIP Conference Proceedings 1996 (2018) 020044, doi: 10.1063/1.5048896

3. 2. Balog, M., Snajdar, M., Krizik, P., Schauerl, Z., Stanec, Z., Catic, A. Titanium-magnesium composite for dental implants (BIACOM) (2017) Minerals, Metals and Materials Series, Part F6, pp. 271-284. DOI: 10.1007/978-3-319-51493-2\_26
4. Balog, M., Ibrahim, A.M.H., Krizik, P., Bajana, O., Klimova, A., Catic, A., Schauerl, Z. Bioactive Ti + Mg composites fabricated by powder metallurgy: The relation between the microstructure and mechanical properties(2019) Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials, 90, pp. 45-53.  
DOI: 10.1016/j.jmbbm.2018.10.008
5. 1. BALOG, Martin - SNAJDAR, Mateja - KRÍŽIK, Peter - SCHAUPERL, Zdravko - STANEC, Zlatko - CATIC, Amir. Titanium-Magnesium Composite for Dental Implants (BIACOM). In TMS 2017 : 146th Annual Meeting and Exhibition Supplemental Proceedings. Part VI. Advanced Materials in Dental and Orthopedic Applications. - Springer International Publishing AG, p. 271-284. ISBN 978-3-319-51493-2. ISSN 2367-1696
6. Simančík, František - Balog, Martin - Krížik, Peter - Oslanec, Peter, Jr. - Španielka, Ján - Čavojský, Miroslav - Škrobán, Milan. Mg powder - promising material for multifunctional use. In Deformation and fracture in PM materials DFPM 2017 : International conference. Stará Lesná, 22.-25.10.2017

### **Uplatnenie výsledkov projektu**

Vzhľadom na to, že išlo projekt základného výskumu jeho hlavné výsledky sa zatiaľ v praxi neuplatňujú. V rámci projektu však bola navrhnutá a experimentálne overená nová technológia uskladňovania vodíka do kovového horčička, ktorá má veľký potenciál na praktické uplatnenie pretože nevyžaduje energeticky náročné postupy a môže byť vysokoproduktívna. Ako vedľajší výsledok sa pri spracovaní kovových horčičkových práškov vyvinul nový biokompatibilný materiál vhodný na dentálne implantáty, ktorý sa momentálne testuje pre praktické použitie. Materiál je patentovo chránený,

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

Hlavným cieľom projektu základného výskumu bolo overiť možnosti ekonomickej prípravy horčičkového hydridu prostredníctvom priameho rozstrekovania taveniny horčička alebo jeho komplexnej zliatiny pomocou vodíka. Skúmali sa dva principiálne odlišné prístupy:

a) prvý spočíval v príprave rýchlostuhnutej (RS) pásky z legovanej Mg zliatiny hrúbky pod 20  $\mu\text{m}$ , v štruktúre ktorej legujúci prvok vytvorí difúzne cesty k zrnám Mg, ktoré nie sú väčšie ako 100 nm. Pásky možno vo veľkom množstve relatívne jednoduchým postupom a pri nízkych nákladoch vyrobiť pomocou známych technológií liatia na rotujúci chladený kotúč alebo pod. Následne sa v nezávislom reaktore nasýti vodíkom pri prijateľných parametroch (T-p). Výskum sa sústredil na hľadanie vhodného legujúceho prvku, vzhľadom na tvorbu potrebnej mikroštruktúry. Za túto časť riešenia projektu zodpovedal FÚ SAV.

b) druhý spôsob spočíval v príprave  $\text{MgH}_2$  z pár Mg, ktoré pri kondenzácii v tlaku vodíka vytvárajú tuhé častice priamo vo forme  $\text{MgH}_2$  (bottom up spôsob, keď  $\text{H}_2$  pôsobí na povrch práve skondenzovaných atómov Mg). Za túto časť riešenia projektu zodpovedal ÚMMS SAV.

V rámci riešenia projektu sa podrobne popísali termodynamické a kinetické princípy hydrogenizácie Mg ako aj vplyv prísadových prvkov a morfológických a štruktúrnych efektov na ňu. Navrhli sa modelové zloženia zliatin, ktoré by mohli byť efektívne v následnom procese uskladňovania vodíka. Navrhol a experimentálne sa overil nový alternatívny spôsob prípravy práškov  $\text{MgH}_2$  priamo z pár horčička, ktorý má lepšie predpoklady na ekonomickú prípravu horčičkových hydridov ako pôvodne plánovaný spôsob výroby rozstrekovaním taveniny. Podarilo sa vyrobiť extrémne jemné produkty s vysokým obsahom vodíka. Bola navrhnutá a optimalizovaná konštrukcia experimentálneho reaktora, v ktorej sa podarilo relatívne jednoduchým a ekonomicky nenáročným procesom vyrobiť jemné častice Mg s obsahom vodíka na úrovni 30% teoretickej hodnoty. Okrem toho sa v rámci projektu overili viaceré alternatívne technologické postupy lisovania Mg práškov, vhodné na potenciálne spracovanie práškov, po uvoľnení vodíka. Ako vedľajší produkt sa takto podarilo navrhnuť nový materiál na výrobu dentálnych implantátov, ktorý sa už úspešne testuje v in-vivo prostredí na zvieratách. Konkrétnym výsledkom projektu sú 3 nezávislé patentové prihlášky a spolu 5 karentovaných publikácií.

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

The main objective of the basic research project was to verify the possibilities of economical preparation of magnesium hydride by direct spraying of the magnesium melt or its complex alloy with hydrogen. Two principally different approaches were examined:

(a) the first was to produce a rapidly quenched band of Mg alloy having a thickness of less than 20  $\mu\text{m}$  in the structure of which the alloying element forms diffusion pathways to Mg grains that are not greater than 100 nm. The bands can be produced in a relatively simple manner and at low cost by means of known casting technologies on a rotating cooled disk or the like. Subsequently, in an independent reactor, it saturates with hydrogen at acceptable parameters (T-p). Research has focused on finding a suitable alloying element, with a view to creating the necessary microstructure. For this part of the project, PU SAV was responsible.

b) the second method was to prepare  $\text{MgH}_2$  from evaporated Mg which, when condensed under hydrogen pressure, forms solid particles directly in the form of  $\text{MgH}_2$ . (bottom up way in which hydrogen is built in the forming Mg crystal). For this part of the project IMSAS was responsible.

Within the project, the thermodynamic and kinetic principles of Mg hydrogenation as well as the influence of the additive elements and the morphological and structural effects on it were described. Model alloy compositions were proposed that could be effective in the subsequent hydrogen storage process. A new alternative way has been suggested and experimentally verified to prepare  $\text{MgH}_2$  powders directly from a magnesium vapors that is better suited to the economical preparation of magnesium hydrides as the originally planned melt sputtering process. Extremely fine Mg products with high hydrogen content up to 30% of the theoretical value have been produced. In addition, several alternative technological processes of Mg powder compaction, suitable for potential powder processing, after release of hydrogen, have been verified within the project. As a byproduct, a new material for the production of dental implants, has thus been proposed and now undergoes a comprehensive testing in an in-vivo environment. A specific result of the project is 3 independent patent applications and 5 indexed publications.

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

**Zodpovedný riešiteľ**

Dr., Ing. František Simančík

**Štatutárny zástupca príjemcu**

Ing. Karol Iždinský, PhD.

V ..... dňa .....

V ..... dňa .....

.....  
Podpis zodpovedného riešiteľa

.....  
Podpis štatutárneho zástupcu príjemcu