

## Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-0490-07**

**Kompaktizácia, mikroštruktúra a vlastnosti mikrokompozitných materiálov na báze povlakovaných Fe práškov**

Zodpovedný riešiteľ **Doc.Ing. Eva Dudrová, CSc.**

Príjemca **Ústav materiálového výskumu SAV, Watsonova 47, 040 01 Košice**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

1. Ústav materiálového výskumu SAV, Watsonova 47, 040 01 Košice
2. Univerzita P.J.Šafárika, Šrobárova 2, 040 01 Košice
- 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. BRUNCKOVÁ, H. - KABÁTOVÁ, M. - DUDROVÁ, E.: The effect of iron phosphate, alumina and silica coatings on the morphology of carbonyl iron particles. Surface and Interface Analysis, 42, 2010, s.13-20
2. ORIŇÁKOVÁ, R. - KUPKOVÁ, M. - ORIŇÁK, A. - FEDORKOVÁ, A. - DUDROVÁ, E.: Synthesis of polypyrrole coatings on surface of iron particles. Surface and Interface Analysis, 42, 2010, s.1706-1711
3. KLADEKOVÁ, D. - ORIŇÁKOVÁ, R. - KRAJNÍKOVÁ, A. - KUPKOVÁ, M. - KABÁTOVÁ, M. - MARKUŠOVÁ, K.: Preparation and compaction behaviour of poly(methylmethacrylate) coated iron microparticles. Journal of Materials Science and Technology, 26, 2010, s.454-460

4. KOLLÁR, P. - FÜZER, J. - BUREŠ, R. - FÁBEROVÁ, M.: AC magnetic properties of Fe-based composite materials. IEEE Transactions on Magnetics, 46, 2010, no. 2, s.467-470

5. KOLLÁR, P. - BIRČÁKOVÁ, Z. - FÜZER, J. - FÜZEROVÁ, J. - BUREŠ, R. - FÁBEROVÁ, M.: Wide frequency range AC magnetic properties of Fe-based composite materials. Acta Physica Polonica A, 118, 2010, s.759-761

### **Uplatnenie výsledkov projektu**

Technológia prípravy nových materiálov Fe/živica s potenciálom pre uplatnenie v elektrotechnike a Fe(Fe-3Cr-0.5Mo)/CnHn s výbornou oxidickou čistotou po spekaní.

### **CHARAKTERISTIKA VÝSLEDKOV**

#### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku**

(max. 20 riadkov)

Koprecipitačným a sol-gel postupom boli pripravené prášky Fe/FePO<sub>4</sub>, Fe/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a Fe/SiO<sub>2</sub>. XRD metódou bola urobená fázová analýza povlaku po sušení, kalcinácii a spekaní. Prášky boli lisované a spekané pri 400-1240°C. Pri povlaku >20 hm.% je lisovateľnosť kontrolovaná „tuhosťou“ povlaku; limitný tlak je 600 MPa, pri povlaku <5 hm.% lisovateľnosť kontroluje plasticita matrice; limitný tlak je 800 MPa. Spekaním do 500°C nedôjde k zmene štruktúry, pri 800°C sa mení morfológia Fe matrice aj povlaku. Spekanie pri teplote nad 900°C spôsobí degradáciu kompozitnej štruktúry. HIP kompaktizované Fe/SiO<sub>2</sub> prášky majú relatívnu hustotu 97,8-99,7%, 138-156 HV10 a TRS 100-900 MPa. Pri najnižších hodnotách TRS boli identifikované trhliny. Analýza lisovateľnosti elektrochemicky pripravených práškov Fe/Cu, Fe/Cu-Ni, Fe/Cu/MWCNT, Fe/PPy, Fe/Cu/PPy, Fe/CnHm ukázala zlepšenie zhutňovania aplikáciou všetkých povlakov až do 10%; limitný tlak je 800 MPa. Pre Fe/PPy je limitný tlak ~600 MPa, kedy PPy krehne a praská. Nanovrstva aktívneho uhlíka v Fe(Fe-3Cr-0.5Mo)/CnHn zvyšuje oxidickú čistotu spekaných konštrukčných materiálov a tým aj ich mechanické vlastnosti. Vyvinutou technológiou mokrej homogenizácie bol pripravený kompozitný prášok Fe/živica s homogénnou distribúciou živice. Optimálne parametre kompaktizácie stanovené analýzou lisovateľnosti a kinetiky vytvrdzovania verifikované vyvinutými metodikami kvantifikácie mikroštruktúry a lomov obrazovou analýzou, stereológiou a fraktografiou sú: lisovanie p=800 MPa, vytvrdzovanie T=165°C, t=60 min/vzduch. Limitujúca je teplota ~170°C, prekročenie vedie k porušeniu integrity rozhraní Fe/živica. Analýza fyzikálnych vlastností dokázala, že technologický postup vedie k vlastnostiam materiálu vhodného ako magneticky mäkký kompozit, ktorý je izotropný, homogénny, s nízkymi stratami vírivými prúdmi, s vysokým merným elektrickým odporom ~500 μΩ·m, aplikovateľný pre striedavú magnetizáciu s frekvenciou >1 kHz, pri tvrdosti HV10 ~60 a pevnosti TRS ~45 MPa.

#### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku**

(max. 20 riadkov)

The Fe/FePO<sub>4</sub>, Fe/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Fe/SiO<sub>2</sub> powders were prepared by coprecipitation and sol-gel method. Phase analysis of coating after drying, calcination and sintering were done by XRD. Powders were compacted and sintered at 400-1240°C. For coating >20wt% compressibility is controlled by coating „stiffness“; limit press is 600MPa, for coating <5wt% the compressibility is controlled by matrix plasticity; limit press is 800MPa. The microstructure is not changed by sintering up to 500°C, morphology of Fe matrix and also of coating is changed at 800°C. Sintering at temperatures >900°C caused a degradation of composite structure. Fe/SiO<sub>2</sub> powders compacted by HIP have a relative density of 97.8-99.7%, hardness of 138-156 HV10 and TRS 100-900MPa. At the lowest TRS there were identified cracks. Analysis of compressibility of electrochemically prepared Fe/Cu, Fe/Cu-Ni, Fe/Cu/MWCNT, Fe/PPy, Fe/Cu/PPy, Fe/CnHm powders showed an improvement of densification by using all coating types up to 10%; limit pressure is 800MPa. For Fe/PPy a limit pressure is ~600MPa, when PPy starts to be brittle and crack. Nanolayer of active carbon in Fe(Fe-3Cr-0.5Mo)/CnHn increased oxide cleanness of sintered structural materials and thus also their mechanical properties. Composite Fe/resin powder with homogeneous distribution of resin was prepared

by developed technology of wet homogenization. Optimal parameters of compaction determined by compressibility analysis and curing kinetics verified by developed methods of microstructure and fracture quantification by image analysis, stereology and fractography are: pressing  $p=800\text{MPa}$ , curing  $T=165^\circ\text{C}$ ,  $t=60\text{min/air}$ . Limit temperature is  $\sim 170^\circ\text{C}$ , its overload conduce to failure of interface integrity of Fe/resin. Analysis of physical properties proved that the technology leads to the material properties suitable as soft magnetic composite that is isotropic, homogeneous, with low eddy current losses, with high electric resistivity of  $500\mu\Omega\cdot\text{m}$ , applied for alternating magnetization with frequency of  $>1\text{kHz}$  at hardness HV10  $\sim 60$  and strength TRS  $\sim 45\text{MPa}$ .

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

**Zodpovedný riešiteľ**

Doc.Ing. Eva Dudrová, CSc.

V Košiciach 24.01.2011

**Štatutárny zástupca príjemcu**

RNDr. Peter Ševc, PhD.

V Košiciach 24.01.2011

.....  
podpis zodpovedného riešiteľa

.....  
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu