

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **LPP-0149-09**

Biokompatibilné tenké vrstvy pre medicínske aplikácie

Zodpovedný riešiteľ **doc. Ing. Marian Veselý, PhD**

Príjemca **Fakulta elektrotechniky a informatiky STU**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

1. Fakulta elektrotechniky a informatiky STU, Ústav elektroniky a fotoniky
2. Strojnícka fakulta TUKE, Katedra technológií a materiálov
- 3.
- 4.
- 5.

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

1. TU Ilmenau, Nemecko
- 2.
- 3.

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

1. Úžitkový vzor: Skúšobné zariadenie - ELTC tribometer s kĺzavým lineárnym vratným pohybom
- 2.
- 3.

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

1. Marton, Marián - Kovalčík, Dávid - Vojs, Marian - Zdravecká, Eva - Varga, Marián - Michalíková, Lenka - Veselý, Marián - Redhammer, Robert - Písečný, Pavol: Electrochemical Corrosion Behavior of Amorphous Carbon Nitride Thin Films.
In: Vacuum. - ISSN 0042-207X. - Vol. 86 (2012), s. 696-698
2. Zdravecká, Eva - Tiainen, Veli-Matti - Konttinen, Yrjo T. - Franta, L. - Vojs, Marian - Marton, Marián - Ondáč, Miroslav - Tkáčová, Jana: Relationships between the Fretting Wear Behavior and Mechanical Properties of Thin Carbon Films.
In: Vacuum. - ISSN 0042-207X. - Vol. 86 (2012), s. 675-680
3. M. Marton, M. Vojs, E. Zdravecká, M. Himmerlich, T. Haensel, S. Krischok, M. Kotlár, P.

Michniak, M. Veselý, and R. Redhammer, Raman Spectroscopy of Amorphous Carbon Prepared by Pulsed Arc Discharge in Various Gas Mixtures, Journal of Spectroscopy, Volume 2013 (2013), Article ID 467079, 6 pages

4. E. Zdravecká, V.M. Tianen, A. Soininen, Y.T. Konttinen, L. Franta, M. Vojs, M. Marton, M. Veselý, M. Kotlár, M. Kelemen, M. Ondáč, Investigation of morphology changes on carbon thin films under reciprocating sliding tests, Chem. Listy 106, s569s571 (2012)

5. Marton M, Kovalčík D, Zdravecká E, Varga M, Gajdošová L, Vavrinský E, Veselý M, Redhammer R, Hopfeld M, The Influence of Substrate Bias on Nanohardness of a-C:N Films Deposited on CoCrMo Alloy, Chem. Listy 105, s832-s833 (2011)

Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledky projektu nájdu uplatnenie tak v oblasti biotribológie a medicínskych implantátov, ako aj celého spektra ostatných druhov tribologických aplikácií, kde je možné využiť unikátne vlastnosti DLC vrstiev, ktorými sú vysoká tvrdosť a odolnosť proti opotrebeniu, nízky koeficient trenia a biokompatibilita. Optimalizované depozičné postupy a zvládnutá analýza vrstiev na medicínskych substrátoch umožňujú ich syntézu na povrchoch kĺbových implantátov, čím dôjde k predĺženiu ich životnosti a zároveň zvýšeniu biokompatibility a lepšiemu prijatiu organizmom a imunitným systémom. Tento synergický efekt má za následok zvýšenie kvality života pacienta s umelou náhradou kĺbu ako aj zníženie rizika potreby re-implantácie.

Uplatnenie výsledkov možno očakávať aj v automobilovom priemysle a všade tam, kde odolnosť proti mechanickému a chemickému opotrebeniu spolu s nízkym koeficientom trenia hrajú kľúčovú úlohu.

CHARAKTERISTIKA VÝSLEDKOV

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

V rámci projektu boli vytvorené homogénne, mechanicky odolné, biokompatibilné vrstvy s vysokou adhéziou na zliatinách CoCrMo využívaných v medicíne. Vlastnosti vrstiev boli analyzované Ramanovou spektroskopiou, SEM, GDOES, AFM, nanoindentáciou a tribologickými metódami. Vrstvy boli analyzované aj z hľadiska biokompatibility – na elektrochemickú koróziu a rast buniek. Na základe výsledkov analýz boli optimalizované technologické postupy na dosiahnutie optimalizovanej adhézie, tvrdosti, koeficientu trenia a biokompatibility. Dosiahli sme prispôbenie štruktúry vrstiev zmenou prietoku pracovných plynov (Ar, N, H, CH₄) a zmenou depozičného predpätia, čo umožňuje riadenie dôležitých vlastností vrstiev (adhézia, tvrdosť, koeficient trenia atď.). Deponované uhlíkové vrstvy dosahovali vysokú mechanickú tvrdosť a elasticitu, nízky koeficient trenia a vysokú odolnosť proti opotrebeniu. Korozívny potenciál vrstvami pokrytých substrátov sa výrazne (350 mV) posunul kladným smerom a rozsah korozívnych prúdov sa znížil, čím sme dosiahli zvýšenie korozívnej odolnosti, teda samotnej biokompatibility substrátov. Testovanie cytotoxicity preukázalo biokompatibilitu vrstiev nezávislú od použitých depozičných podmienok. Vrstvy boli testované na realistických 3D vzorkách v unikátnom simulátore pohybu kolenného kĺbu, pričom ani po 3x10⁻⁶ cykloch nevykazovali známky poškodenia.

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

Homogeneous, mechanically resistant, biocompatible, highly adhesive layers on medical grade CoCrMo alloy substrates for medical applications were prepared within the project activities. The layer properties were analysed using Raman spectroscopy, SEM, GDOES, AFM, nanoindentation and tribological methods. The biocompatibility testing methods - electrochemical corrosion behaviour and cell growth were also performed. The layer properties such as adhesion, hardness, coefficient of friction and biocompatibility were

optimised using analysed results. We achieved modification of films structure due to the change of deposition gas flow (Ar, N, H, CH₄) and bias, which allows to control the crucial material properties (adhesion, hardness, coefficient of friction etc.). Deposited carbon thin films possessed high hardness and elasticity, low coefficient of friction and high wear resistance. Corrosion potential of the covered substrates was markedly shifted to the positive values and the corrosion currents were lower, which proved the better corrosion resistance and thus the higher biocompatibility. The cytotoxicity testing proved that, the biocompatibility is not negatively affected by the deposition conditions change. Layers were deposited on realistic 3D shaped samples using unique knee joint motion simulator, and even after 3×10^6 cycles any wear scratches were not observable.

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

Zodpovedný riešiteľ

doc. Ing. Marian Veselý, PhD

V Bratislave 28.11.2012

Štatutárny zástupca príjemcu

prof. RNDr. Gabriel Juhás, PhD

V Bratislave 29.11.2012

.....
podpis zodpovedného riešiteľa

.....
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu