



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-14-0518**Výskum vplyvu nízkoteplotnej PLAZmy na zvýšenie povrchovej permanentnosti úpravy TEXTilných materiálov s použitím NANOsólov**Zodpovedný riešiteľ **Mgr. Zdenko Špitalský, PhD.**Príjemca **Ústav polymérov SAV**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Ústav polymérov, Slovenská akadémia vied
VÚTCH-CHEMITEX, spol. s r.o., Žilina

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

-

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

-

Úžitkový vzor „Nanopovrstvené textilné materiály s permanentnými elektrovodivými vlastnosťami“ – návrh v štádiu prípravy SK prihlášky pre podanie na Úrad priemyselného vlastníctva v Banskej Bystrici, keďže bude spísaný z výsledkov dosiahnutých až v poslednom polroku riešenia projektu.

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

Publikácie:

1. BUČEK, Andrej - POPELKA, Anton - ZAHORANOVÁ, Anna - KOVÁČIK, Dušan - NOVÁK, Igor - ČERNÁK, Mirko. Acrylic acid plasma treatment of polypropylene nonwoven fabric. In *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2016, vol. 24, no. 6, p. 161-164. (0.566 - IF2015). (2016 - Current Contents). ISSN 1230-3666.
 2. NOVÁK, Igor - VALENTIN, Marian - ŠPITÁLSKY, Zdenko - POPELKA, Anton - ŠESTÁK, Jozef - KRUPA, Igor. Superhydrophobic polyester/cotton fabrics modified by barrier discharge plasma and organosilanes. In *Polymer - Plastics Technology and Engineering*, 2018, vol. 57, no. 5, p. 440-448. ISSN 0360-2559.
 3. STLOUKAL, Petr - NOVÁK, Igor - MIČUŠÍK, Matej - PROCHÁZKA, Michal - KUCHARCZYK, Pavel - CHODÁK, Ivan - LEHOCKÝ, Marian - SEDLAŘÍK, Vladimír. Effect of plasma treatment on the release kinetics of a chemotherapy drug from biodegradable polyester films and polyester urethane films. In *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, 2018, vol. 67, iss. 3, p. 161-173. ISSN 0091-4037. Typ: ADEA
- Zaslané publikácie:
1. SPITALSKY, Zdeno - RASTOCNA-ILLOVA, Dana – ZIGO, Ondrej – MICUSIK, Matej – NOGELLOVA, Zuzana – KLEINOVA, Angela – PROCHAZKA, Michal – KOVACOVA, Maria - NOVÁK, Igor. Investigation of polypropylene-based fabrics pre-treated by surface barrier

- discharge plasma. In Polymer - Plastics Technology and Engineering (Taylor & Francis, IF (2016) = 1,232)
2. SPITALSKÝ, Zdeno - RASTOČNA-ILLOVA, Dana – ŽIGO, Ondrej – MICUSIK, Matej – NOGELLOVA, Zuzana – KLEINOVA, Angela – PROCHAZKA, Michal – KOVACOVA, Maria - NOVÁK, Igor. Assessment of the antibacterial behavior of polyester fabric pre-treated with atmospheric discharge plasma. In Fibers and Polymers (Springer, IF = 1,113)
- Prednášky a postre:
1. ŠPITALSKÝ, Zdenko. Grafén - polymérne nanokompozity na povrchovú úpravu textílií. In ChemZi : slovenský časopis o chémii pre chemické vzdelávanie, výskum a priemysel : 67. Zjazd chemikov : Horný Smokovec, 7.- 11. september 2015. - Bratislava : Slovenská chemická spoločnosť, 2015, 2015, roč.11, č. 1, s. 91. ISSN 1336-7242.
 2. NOVÁK, Igor - VALENTIN, Marian - MIČUŠÍK, Matej - LEHOČKÝ, Marian - PRACHÁR, Jozef. Antibacterial treatment of poly(lactic acid) by effect of radio-frequency plasma. In Czech Chemical Society Symposium Series, 2016, roč. 14, č. 5, s. 263. ISSN 2336-7202. 4.-7. September 2016 Praha
 3. RÁSTOČNÁ ILLOVÁ, Dana – ŠESTÁK, Jozef – BALOGOVÁ, Ľudmila. Nanomaterials and innovative technologies in textile industries. In Book of Abstract, IFATCC – XXIV. International Congress, 2016, s. 132-133. ISBN 978-80-906086-8-9. 13.-16. Jún 2016, Pardubice
 4. RÁSTOČNÁ ILLOVÁ, Dana – ŠPITALSKÝ, Zdeno – MAL'OVANÍKOVÁ, M. – DROZDOVÁ, K. – LIGAS, J. Influence of low-temperature plasma under atmospheric pressure on the nanocoating of the textile materials. In Conference Book, STRUTEX – Structure and Structural Mechanics of Textile Fabrics, 21st International conference, 2016, s. 287-294. 1.-2. December 2016. Liberec
 5. ŠPITALSKÝ, Zdenko - KOVÁČOVÁ, Mária - ŽIGO, Ondrej - NOVÁK, Igor - KLEINOVA, Angela - MIČUŠÍK, Matej - NÓGELLOVÁ, Zuzana - RÁSTOČNÁ ILLOVÁ, Dana. Innovative technologies for application in automotive textile. In PMA 2017 & SRC 2017 : International Conference on Polymeric Materials in Automotive : 23rd Slovak Rubber Conference : book of proceedings. - Bratislava, Slovakia : Slovak University of Technology, Faculty of Chemical and Food Technology & Polymer Institute of SAS, 2017, p. 117-118. ISBN 978-80-89841-04-2.(PMA 2017 & SRC 2017 : International Conference on Polymeric Materials in Automotive : Slovak Rubber Conference). Typ: AFH
 6. ŠPITALSKÝ, Zdenko - KOVÁČOVÁ, Mária - ŽIGO, Ondrej - NOVÁK, Igor - KLEINOVA, Angela - MIČUŠÍK, Matej - NÓGELLOVÁ, Zuzana - RÁSTOČNÁ ILLOVÁ, Dana. Výskum vplyvu nízkoteplotnej plazmy na zvýšenie permanentnosti povrchovej úpravy textilných materiálov s použitím nanosólov. In ChemZi : Slovenský časopis o chémii pre chemické vzdelávanie, výskum a priemysel, 2017, roč. 13, č. 1, s. 107. ISSN 1336-7242. Typ: AFH
 7. NOVÁK, Igor - VALENTIN, Marian - ŠPITALSKÝ, Zdenko - POPELKA, Anton - ŠESTÁK, Jozef - KRUPA, Igor. Superhydrophobic polyester-based fabrics modified by barrier discharge plasma and organosilanes. In Odpadové fórum 2017 : Výsledky výskumu a vývoje pro prumyslovou a komunální ekologii - 12.ročník : proceedings. - Praha, ČR : CEMC, 2017, [5p.]. ISBN 978-80-85990-30-0. Typ: AFC
 8. NOVÁK, Igor - ŠPITALSKÝ, Zdenko - RÁSTOČNÁ-ILLOVÁ, Dagmar - ŽIGO, Ondrej - MIČUŠÍK, Matej - NÓGELLOVÁ, Zuzana - KLEINOVA, Angela. Polypropylene fabrics pre-treated by atmospheric plasma. In Odpadové fórum 2017 : Výsledky výskumu a vývoje pro prumyslovou a komunální ekologii - 12.ročník : proceedings. - Praha, ČR : CEMC, 2017, [6p.]. ISBN 978-80-85990-30-0. Typ: AFC

Uplatnenie výsledkov projektu

Uplatnenie výsledkov výskumu je v dvoch oblastiach – priemyselnej a užívateľskej. Časť výskumu realizovaná na UPo SAV bude slúžiť najmä pre textilnú výrobu, keďže výsledky výskumu poskytli detailné informácie o správaní sa rôznych typov textílií (PP, PA, PES a PES/bavlna) pri aktivácii nízkoteplotnou plazmou. Detailná charakterizácia správania aktivácie textilnej tkaniny v závislosti od času aktivácie a druhu textílie spolu s popisom generovaných kyslíkových radikálov sú cenným zdrojom informácií pri zavádzaní nových technologických metód povrchovej úpravy textílií. Vďaka tomu môžu byť „nové funkčné textílie“ pripravované rýchlejšim, ekologickejšim aj energeticky menej náročným spôsobom. Zároveň informácie o správaní sa aktivovanej textílie v čase (počas uskladnenia alebo prerušenia výrobného procesu) sú veľmi cenným zdrojom informácií pre technologické

procesy v textilnom priemysle.

Plánovaným výsledkom výskumného riešenia predkladaného projektu bola aj následná príprava progresívnych nanopovrstvených textilných materiálov so špeciálnymi funkčnými vlastnosťami ako hydrofóbnosť, hydrofilnosť, elektrovodivosť, antimikrobiálnosť a zvýšenou adhéziou nanovrstvy ku textilnému povrchu. Predpokladaná využiteľnosť (užívateľské uplatnenie) deklarovaných výsledkov riešenia predkladaného projektu bude smerovať do nasledovných oblastí:

1) Hydrofóbne nanopovrstvené textilné materiály:

- ochranné a športové odevy, vojenské ošatenie;
- technické textílie do potahových materiálov na výrobu čalúneného nábytku, bytové lôžkoviny a potahové textílie pre automobilový priemysel

2) Hydrofilné nanopovrstvené textilné materiály:

- textílie pre odevné účely na výrobu vysokofunkčných športových odevov pre aktívnych športovcov, odevov na voľný čas, spodnej bielizne

3) Elektrovodivé nanopovrstvené textilné materiály:

- ochranné odevy pre pracovníkom pracujúcich v prostredí s možnosťou vzniku zápalných výbojov a vo výbušnom prostredí

- osobnej bielizne určenej pod ochranné odevy proti riziku vzniku zápalných výbojov;

4) Antimikrobiálne nanopovrstvené textilné materiály:

- ochranné odevy v zdravotníctve, v mikrobiologických laboratóriách, resp. v prostredí s možnosťou kontaminácie baktérií a mikroorganizmov,

- účely na výrobu multifunkčných matracov a antibakteriálnych lôžkovín zabezpečujúcich prevenciu pred roztočmi a mikroorganizmami, bytové textílie, potahové textílie pre automobilový priemysel.

Uplatnenie celého projektu spočíva v príprave nových progresívnych nanopovrstvených textilných materiálov s permanentnými funkčnými vlastnosťami, napr. hydrofóbne, hydrofilné, elektrovodivé, antimikrobiálne textílie, prinášajúce nové možnosti a príležitosti pre textilný a odevný priemysel. Využitie nanotechnológií v textilnom priemysle sa stáva novým nástrojom, umožňujúcim zlepšiť vlastnosti textilných materiálov a dosiahnuť ich multifunkčnosť.

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

Predmetom riešenia bolo štúdium a výskum vzťahov medzi účinkami vyvolanými nízkoteplotnou plazmou (napr. tvorba voľných radikálov) na iniciovaný povrch textilných materiálov zo syntetických vlákien resp. ich zmesi a aplikovaným typom povrchovej úpravy textílie prostredníctvom nanosólu. Vytvoriť tak predpoklady zvýšenia permanentnosti nanopovrstvenia textílií s použitím hydrofóbných (HF), hydrofilných (HFIL), elektrovodivých (EVN) a antimikrobiálnych (AMB) nanosólov po ich údržbe. Výskumne pripraviť podmienky pre multifunkčnú povrchovú úpravu textílií s cieľom zvýšenia ich funkčných a úžitkových vlastností.

Všetky ciele sa podarilo naplniť. Pozorovali sme tvorbu voľných radikálov kyslíkového typu na povrchu textílií (PP, PES, PA a PES/bavlna), ktorá je priamo úmerná času pôsobenia nízkoteplotnej plazmy. V prípade najvyšších časov (150s) bola pozorovaná čiastočná termická degradácia textilných vlákien, a preto sa odporúča používať tento čas ako hornú hranicu priemyselnej aplikácie pri povrchovej úprave textílií nízkoteplotnou plazmou. Z hľadiska stability generovaných kyslíkových radikálov sa pozoroval ich exponenciálny zánik s časom pri uskladnení, pričom v priebehu 48 hodín ich koncentrácia poklesla pod 50% (úroveň pôsobenia plazmy pre najkratšie časy). Najprudší pokles bol pozorovaný v priebehu prvých 24 hodín.

V prípade povrchovej úpravy sa dosiahlo pokrytie PP a PA tkaniny EVN nanosólom, PES a PA tkaniny AMB nanosólom, PES a PES/bavlna tkaniny HF nanosólom a PP a PA tkaniny HFIL nanosólom. Vo všetkých prípadoch bol pozorovaný nárast účinku povrchovej úpravy s časom pôsobenia nízkoteplotnej plazmy. Priamo úmerne tomu bola pozorovaná aj permanentnosť povrchovej úpravy, pričom vhodná permanentnosť sa dosiahla len pre najvyššie časy pôsobenia nízkoteplotnej plazmy. U všetkých skúmaných kombinácií (textília – povrchová úprava) sa dosiahol aspoň jeden výsledok s vylepšenými funkčnými a úžitkovými vlastnosťami pri dostatočnej permanentnosti úpravy.

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

Subject of the project was study and research of relationships between effects induced by low-temperature plasma (e.g. formation of free radicals) on initiated surface of textile materials made from synthetic fibers and/or their blends and type of surface coating applied on the fabrics using nanosols. The aim is to create assumptions for enhancement of permanence of the finish using hydrophobic (HF), hydrophilic (HFIL), electroconductive (EVN) and antimicrobial (AMB) nanosols after care (washing). Besides, the research will focus on preparation of conditions for multifunctional finish of textile surfaces for the purpose of enhancement of their functional properties and performance characteristics. All objectives were achieved. We observed the formation of reactive oxygen species on the surface of textiles (PP, PES, PA and PES / cotton), which is directly proportional to the time of low-temperature plasma exposure. In the case of the highest exposure time (150s), partial thermal degradation of textile fibers has been observed, and therefore it is recommended to use this time as the upper limit of industrial application for surface treatment of low-temperature plasma textiles. From the point of view of the stability of the generated oxygen radicals, their exponential decay with storage time was observed, and their concentration dropped down below 50% (plasma treatment level for shortest exposure times) within 48 hours. The steepest decline was observed during the first 24 hours. In the case of surface treatment, PP and PA textiles were coated with EVN nanosol, PES and PA textiles were coated with AMB nanosol, PES and PES / cotton textiles with HF nanosol, and PP and PA textiles with HFIL nanosol. In all cases, increase in effect of the surface treatment with the time of low-temperature plasma was observed. Proportionally, the permanence of the surface treatment was observed, with the sufficient permanence being achieved only for the highest times of low-temperature plasma exposure. For all tested combinations (textile - surface treatment), at least one result with improved functional properties and performance characteristics with sufficient permanence has been achieved.

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

Zodpovedný riešiteľ

Mgr. Zdenko Špitalský, PhD.

Štatutárny zástupca príjemcu

Ing. Igor Lacík, DrSc.

V dňa

V dňa

.....
Podpis zodpovedného riešiteľa

.....
Podpis štatutárneho zástupcu príjemcu