



**Академија инжењерских наука Србије**  
**Одељење технолошких, металуршких и наука о материјалима - ОТМНМ**

**Програм и зборник сажетака скупа**

**Савремени инжењерски материјали и процеси**

**Београд, 17. новембар 2025. године**

## Програм

- 12<sup>00</sup>— 12<sup>05</sup> Отварање скупа
- 12<sup>05</sup>— 12<sup>25</sup> **Ђорђе Јанћковић**  
Биоматеријали за регенерацију кости – од биокерамике до примене екстрацелуларних везикула (ЕВс)
- 12<sup>30</sup>— 12<sup>50</sup> **Душан Мијин**  
Фотокаталитичко и ензимско уклањање загађујућих материја из воде
- 12<sup>55</sup>— 13<sup>15</sup> **Ивана Цвијовић-Алагић**  
Метални биоматеријали нове генерације: Савремени приступ инжењерству дуготрајних чврстоткивних импланата
- 13<sup>20</sup>— 13<sup>40</sup> **Татјана Волков Хусовић**  
Понашање конструкционих материјала у екстремним условима: термошок и кавитациона ерозија
- 13<sup>45</sup>— 14<sup>05</sup> **Мирјана Костић**  
Функционализација целулозе и материјали високих перформанси на бази целулозе
- 14<sup>10</sup>— 14<sup>30</sup> Дискусија

## Биоматеријали за регенерацију кости – од биокерамике до примене екстрацелуларних везикула (ЕВс)

Ђорђе Јанћковић<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Универзитет у Београду, Технолошко-металуришки факултет, Београд, Србија

<sup>2</sup>Академија инжењерских наука Србије, Београд, Србија

У овом раду ће бити дат преглед истраживања везан за синтезу и процесирања прахова, порозних и густих компаката базираних на биокерамичким материјалима, при чему су коришћене различите технике обликовања и синтеровања. Приказана су испитивања везана за њихова механичка, антимикуробна својства, као и биоактивност. Такође су приказана и испитивања ових материјала у *in vitro* и *in vivo* условима.

У другом делу ће бити приказани савремени трендови који се састоје у комбинацији биокompatibilних материјала са инкорпорираним биоактивним компонентама као што су екстрацелуларне везикуле добијене из мезенхималних матичних ћелија, као нови приступ терапијама без ћелија. Ова истраживања показују да уградња ових везикула у одговарајуће мултифункционалне биоматеријале омогућавају бољу остеогенезу и цитокompatibilност, односно могућност побољшање регенерације костију.

## Фотокаталитичко и ензимско уклањање загађујућих материја из воде

Душан Мијин<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Универзитет у Београду, Технолошко-металуришки факултет, Београд, Србија

<sup>2</sup>Академија инжењерских наука Србије, Београд, Србија

Иако вода покрива 71% Земљине површине, само 0,5% укупне количине воде је употребљива и доступна слатка вода. У пољопривреди се троши око 70% слатке воде, а у индустрији мање од 20%. Око 2,2 милијарде људи и даље живи без безбедне воде за пиће, а половина светског становништва барем једном годишње осети несташицу воде. Сматра се да ће глобална потрошња воде порастати за 20 до 30% до 2050. године па је приступ чистој и безбедној води за пиће глобални изазов.

Са индустријском револуцијом као и порастом становништва, отпадне воде представљају један од главних извора загађења животне средине. Загађене воде узрок су различитих болести широм света па је њихово пречишћавање неопходно за људско благостање и напредак. Отпадне воде су последица индустријске и пољопривредне активности, а могу потицати и из домаћинства. У њима се налазе органске и неорганске загађујуће материје различите структуре. Органске загађујуће материје могу бити биоразградиве (отпад од хране, пољопривредни отпад) и бионеразградиве (пестициди, боје и пигменти, лекови). Бионеразградиве органске загађујуће материје се могу уклонити применом физичких (нпр. филтрација, адсорпција, флокулација), хемијских (нпр. оксидација) и биолошких (квасци, плесни, ензими) метода.

У оквиру овог рада биће дате основе фото и ензимски катализованих процеса, а затим ће бити дат преглед органских загађујућих материја које су уклањане из водених раствора (антрахинонске и азо боје, пестициди), преглед коришћених фотокатализатора (TiO<sub>2</sub> и ZnO различитог порекла), коришћених ензима (пероксидазе различитог порекла), реакционих услова и реактора. Ради илустрације ових истраживања детаљније ће бити обрађена фотокаталитичка разградња хербицида никосулфурина [1] као и ензимска разградња антрахинонске боје слободном и имобилисаном пероксидазом у микрореактору [2]. Приказаће се резултати ових истраживања као и закључци до којих се дошло.

- [1] M. Dugandžic, A. V. Tomašević, M. M. Radišić, N. Ž. Šekuljica, D. Ž. Mijin, S. D. Petrovic, Effect of inorganic ions, photosensitisers and scavengers on the photocatalytic degradation of nicosulfuron, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* 336 (2017) 146–155.
- [2] M. Svetozarević, N. Šekuljica, A. Onjia, N. Barać, M. Mihajlović, Z. Knežević-Jugović, D. Mijin, Biodegradation of synthetic dyes by free and cross-linked peroxidase in microfluidic reactor, *Environmental Technology & Innovation*, 26 (2022) 102373.

## Метални биоматеријали нове генерације: Савремени приступ инжењерству дуготрајних чврстоткивних импланата

Ивана Цвијовић-Алагић<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Центар изузетних вредности “СЕХТРЕМЕ ЛАВ”, Институт за нуклеарне науке “Винча” – Институт од националног значаја за Републику Србију, Универзитет у Београду, Београд, Србија  
<sup>2</sup>Академија инжењерских наука Србије, Београд, Србија

Инжењерство металних биоматеријала се последњих година не ослања само на унапређење конвенционалних метода за њихову израду и накнадну прераду већ се пре свега усмерава ка развоју нових технолошки напредних метода добијања постојанијих и дуготрајнијих медицинских импланата отпорних према оштећењу и отказу, а све са циљем умањења потребе за ревизионом хируршком интервенцијом и заменом већ имплантираних медицинских уређаја. Међу многобројним новим техникама процесирања материјала за израду чврстоткивних импланата посебно се могу издвојити методе изразитог (јаког) пластичног деформисања и ласерског површинског озрачивања, које омогућавају израду импланата ситнозрне микроструктуре и хемијски и морфолошки модификованих површинских карактеристика побољшаног биокompatибилног одговора и боље отпорности према оштећењима условљеним дуготрајним излагањем корозионој средини и механичким напрезањима уз истовремено постизање смањене појаве нежељених здравствених ефеката код хируршких пацијената.

Имајући то у виду, истраживање, које ће бити представљено, је било усмерено ка савременом приступу инжењерству дуготрајних чврстоткивних импланата кроз пажљив избор састава имплантног материјала и оптимизацију параметара његове обраде савременим техникама како би се обезбедиле микроструктурне и површинске карактеристике материјала којима би се постигао адекватан биокompatибилни одговор и изузетна отпорност према оштећењу у био-окурењу. У ту сврху је за испитивање одабрана Ti-45Nb (мас.%) легура нове генерације β-типа, која је затим подвргнута савременом поступку увијања под високим притиском чиме се утицало на микроструктурне карактеристике одабраног материјала, док су површинска својства легуре модификована дејством ласерског зрака на ваздуху. Током истраживања је са посебном пажњом праћен ефекат уситњавања микроструктурних зрна и параметара озрачивања на отпорност легуре према корозионом оштећењу и њену цитокомпатибилност. Опсежна истраживања су показала да се постизањем рафинисане наночестичне структуре легуре и повећањем излазне енергије ласера, којим се врши озрачивање, значајно увећава биоактивни потенцијал, корозиона постојаност и биомеханичка компатибилност испитиваног металног биоматеријала. Наиме, ласерско скенирање површине легуре на бази титана осигурало је појаву интензивне површинске оксидације и формирање изузетно развијене површине легуре специфичне морфологије што је уз појачан ефекат границе зрна рафинисане структуре допринело бољој интеракцији ћелија са имплантном легуром и довело до образовања заштитног површинског слоја отпорног према трибо-корозионом оштећењу у симулираном био-окурењу чиме је значајно умањена могућност одбацивања медицинског уређаја хируршким путем имплантираног у тело пацијента.

## **Понашање конструкционих материјала у екстремним условима: термошок и кавитациона ерозија**

Татјана Волков Хусовић<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Универзитет у Београду, Технолошко-металуришки факултет, Београд, Србија

<sup>2</sup>Академија инжењерских наука Србије, Београд, Србија

Конструкциони материјали се користе у индустрији у најширем смислу, у веома различитим условима температуре, притиска, влажности, утицаја различитих агресивних материјала, као других параметара. Сви ти утицаји могу бити у интервалима који су уобичајни за поједине поступке и технологије. Понекада ти услови се могу наћи у интервалима које називамо екстремним. Екстремни услови могу укључивати:

- Високе или ниске температуре, или нагле промене температуре,
- Високе или ниске притиске, или промене протиска,
- Корозија услед дејстава флуида различите агресивности,
- Оксидација,
- Кавитациона ерозија,
- Значајна напрезања,
- Деформације при великим брзинама напрезања,
- Нуклеарно и електромагнетно зрачење.

У оквиру овог предавања биће разматрани услови наглих промена температуре (термошок) и кавитационе ерозије.

Понашање узорака изложених овим условима биће праћено коришћењем анализе слике ради праћења промене морфолошког параметара и дефеката насталих током испитивања и применом анализе главних компонената (РСА) која омогућава да се број посматраних параметара сведе на мањи број поузданијих.

На примеру коришћења нискоцементних ватросталних бетона у условима наглих промена температуре и кавитационе ерозије биће представљена коришћена методологија за праћење понашања материјала у наведеним условима.

## Функционализација целулозе и материјали високих перформанси на бази целулозе

Мирјана Костић<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Универзитет у Београду, Технолошко-металуришки факултет, Београд, Србија

<sup>2</sup>Академија инжењерских наука Србије, Београд, Србија

Целулоза као најзаступљенији биообновљиви полимер добија на значају како због својих изузетних својстава (обновљивост, биоразградивост, биокомпатибилност, изузетна механичка својства, нетоксичност, хидрофилност и велики потенцијал за хемијско модификовање), економских разлога и многобројних могућности примене, тако и због све веће пажње коју природним ресурсима и одрживом развоју поклањају научна заједница и индустрија. Савремена истраживања у области целулозе усмерена су на развој и разумевање нових процеса функционализације, унапређење аналитичких метода и области примене овог најзначајнијег биообновљивог ресурса.

Хемијски третмани и даље имају доминантну улогу у области функционализације целулозе и добијања нових полимера побољшаних својстава, посебно оних са, на молекулском нивоу, дефинисаним карактеристикама тзв. „биополимера будућности“. Целулоза је због своје структуре (три ОН групе по анхидроглукозној јединици) веома осетљива на дејство оксидационих средстава. Интензивне промене структуре које прате реакције оксидације омогућавају добијање читавог низа производа чија су хемијска и физичка својства одређена природом оксидационог средства и његовом селективношћу. Посебна пажња усмерена је на селективну оксидацију целулозе са 2,2,6,6-тетраметилпиперидин-1-оксил радикалом (ТЕМПО) и натријум-перјодатом [1,2].

Каталитичка оксидација у води растворним и стабилним нитроксил радикалом је једна од најинтересантнијих процедура за увођење карбонилних и карбоксилних група у полисахариде. ТЕМПО оксидација целулозе резултује селективном оксидацијом примарне ОН групе до карбоксилне преко алдехидног интермедијера. ТЕМПО оксидација техничке целулозе је интензивно проучавана за разлику од оксидације природних и хемијских целулозних влакана која су била предмет наших истраживања [1,3]. ТЕМПО оксидацијом целулозних влакана и накнадним механичким и/или ултразвучним третманима добија се нанофибрилисана целулоза са повећаним садржајем карбоксилних и алдехидних група која се може користити за добијање различитих наноструктурних биоматеријала или даље функционализовати [4].

Водени раствори перјодата оксидишу обе секундарне хидроксилне групе целулозе до алдехидних, уз отварање оксидисаног дела пиранозног прстена [2]. Настали продукт 2,3-диалдехид целулоза може се користити за имобилизацију протеина или боја преко реакције са њиховим аминок групама, или као јоноизмењивач после оксидације до одговарајућих карбоксилних група [5].

[1] Praskalo J., Kostic M., Potthast A., Popov G., Pejic B., Skundric P. Carbohydrate Polymers, 77 (2009) 791-798

[2] Potthast A., Kostic M., Schiehser S., Kosma P., Rosenau T. Holzforschung, 61/6 (2007) 662-667

[3] Milanovic J., Schiehser S., Milanovic P., Potthast A., Kostic M. Carbohydrate Polymers, 98/1 (2013) 444-450

[4] Korica M., Fras Zemljič L., Bračić M., Kargl R., Spirk S., Reishofer D., Mihajlovski K., Kostić M. Holzforschung, 73(1) (2019) 93-103

[5] Kramar A., Ivanovska A., Kostic M. Fibers and Polymers, 22/8 (2021) 2177–2186