



II OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA

IMPLANTY 2019

NOWOCZESNA IMPLANTOLOGIA - DYLEMATY I NADZIEJE

KSIĄŻKA ABSTRAKTÓW

28-29 CZERWCA 2019

POLITECHNIKA GDAŃSKA

Politechnika Gdańska

**II Ogólnopolska Konferencja
Naukowa IMPLANTY2019**

*„Nowoczesna implantologia – dylematy
i nadzieje”*

Książka abstraktów

Redakcja:
Julia Weber
Marcin Wekwejt

Gdańsk 2019

Niniejsze materiały konferencyjne zostały przygotowane na podstawie abstraktów przesłanych przez uczestników konferencji IMPLANTY2019. Nadesłane prace zostały sprawdzone przez wybrane osoby z Komitetu Naukowego i zatwierdzone jako zgodne z tematyką konferencji. Organizatorzy nie ponoszą odpowiedzialności za ich treść.

Redakcja:

Julia Weber

Marcin Wekwejt

Korekta:

Magda Dziaduszevska

Michał Bartmański

Projekt Okładki:

Tomasz Szwangruber

Wydawca:

Wydawnictwo Politechniki Gdański

© Copyright by IMPLANTY2019

ISBN 978-83-88579-48-6

Strona konferencji:

www.mech.pg.edu.pl/konferencja-implanty/implanty-2019

KOMITET NAUKOWY

Prof. dr hab. inż. Andrzej Zieliński, prof. zw. PG

Zespół Biomateriałów, Katedra Inżynierii Materiałowej i Spajania, Politechnika Gdańska

Prof. dr hab. inż. Tadeusz Wierzchoń, prof. zw. PW

Wydział Inżynierii Materiałowej, Politechnika Warszawska

Prof. dr hab. med. Andrzej Wojtowicz, prof. zw. WUM

Zakład Chirurgii Stomatologicznej, Warszawski Uniwersytet Medyczny

Prof. dr hab. inż. Elżbieta Pamuła, prof. zw. AGH

Katedra Biomateriałów i Kompozytów, Akademia Górniczo-Hutnicza

Prof. dr hab. med. Małgorzata Lewandowska-Szumieł, prof. zw. WUM

Laboratorium Inżynierii Tkankowej, Warszawski Uniwersytet Medyczny

Prof. dr hab. inż. Jerzy Małachowski, prof. zw. WAT

Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej, Wojskowa Akademia Techniczna

Prof. dr hab. n. farm. Grażyna Ginalska, prof. zw. UML

Katedra i Zakład Biochemii i Biotechnologii, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Paszenda, prof. zw. PŚ

Wydział Inżynierii Biomedycznej, Politechnika Śląska

Dr hab. Tomasz Goryczka, prof. nadzw. UŚ

Zakład Badań Strukturalnych, Uniwersytet Śląski

Dr hab. inż. Hanna Staroszczyk, prof. nadzw. PG

Katedra Chemii, Technologii i Biotechnologii Żywności, Politechnika Gdańska

Dr hab. Sylwia Rodziewicz-Motowidło, prof. nadzw. UG

Katedra Chemii Biomedycznej, Uniwersytet Gdański

Dr n. med. Krzysztof Dowgierd

Centrum Wad Twarzoczaszki, Chirurgii Twarzowo-Szczękowej z Oddziałem Chirurgii Głowy i Szyi w zakresie Chirurgii Twarzowo-Szczękowej i Rekonstrukcyjnej, Wojewódzki Specjalistyczny Szpital Dziecięcy w Olsztynie

Dr hab. inż. Kamila Żelechowska, prof. nadzw. PG

Katedra Fizyki Ciała Stałego, Politechnika Gdańska

Dr hab. inż. Agata Dudek, prof. nadzw. PCz

Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów, Politechnika Częstochowska

Dr hab. inż. Robert Bogdanowicz, prof. nadzw. PG

Katedra Metrologii i Optoelektroniki, Politechnika Gdańska

Dr hab. n. med. Marta Pokrywczyńska

Zakład Medycyny Regeneracyjnej, Bank Komórek i Tkank, Collegium Medicum im. Ludwiga Rydygiera w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Dr hab. inż. Agnieszka Ossowska, prof. nadzw. PG

Zespół Biomateriałów, Katedra Inżynierii Materiałowej i Spajania, Politechnika Gdańska

Dr hab. inż. Krzysztof Rokosz, prof. nadzw. PK

Zespół Bioinżynierii i Elektrochemii Powierzchni, Politechnika Koszalińska

Dr hab. inż. Wojciech Świąszkowski, prof. nadzw. PW

Zakład Projektowania Materiałów, Wydział Inżynierii Materiałowej, Politechnika Warszawska

KOMITET ORGANIZACYJNY

Przewodniczący

mgr inż. Marcin Wekwejt

Zespół Biomateriałów, Katedra Inżynierii Materiałowej i Spajania, Politechnika Gdańska

Honorowy Przewodniczący

prof. dr hab. inż. Andrzej Zieliński, prof. zw. PG

Zespół Biomateriałów, Katedra Inżynierii Materiałowej i Spajania, Politechnika Gdańska

Członkowie

mgr inż. Magda Dziaduszewska

Zespół Biomateriałów, Katedra Inżynierii Materiałowej i Spajania, Politechnika Gdańska

mgr inż. Ewa Kozłowska

Zespół Materiałów Konstrukcyjnych, Katedra Inżynierii Materiałowej i Spajania, Politechnika Gdańska

mgr inż. Alicja Stanisławska

Katedra Technologii Maszyn i Automatykacji Produkcji, Politechnika Gdańska

mgr inż. Łukasz Pawłowski

Zespół Biomateriałów, Katedra Inżynierii Materiałowej i Spajania, Politechnika Gdańska

dr inż. Michał Bartmański

Katedra Inżynierii Materiałowej i Spajania, Politechnika Gdańska

dr hab. inż. Agnieszka Ossowska, prof. nadzw. PG

Zespół Biomateriałów, Katedra Inżynierii Materiałowej i Spajania, Politechnika Gdańska

mgr Beata Szczęsna-Raczkowska

Katedra Inżynierii Materiałowej i Spajania, Politechnika Gdańska

inż. Julia Weber

Koło Naukowe 'Materiały w Medycynie', Politechnika Gdańska

inż. Tomasz Szwangruber

Koło Naukowe 'Materiały w Medycynie', Politechnika Gdańska

inż. Natalia Nawrot

Koło Naukowe 'Materiały w Medycynie', Politechnika Gdańska

inż. Magdalena Kobiela

Koło Naukowe 'Materiały w Medycynie', Politechnika Gdańska

Zuzanna Zarach

Koło Naukowe 'Materiały w Medycynie', Politechnika Gdańska

Anna Pińska

Koło Naukowe 'Materiały w Medycynie', Politechnika Gdańska

ORGANIZATORZY:



PARTNERZY & SPONSORZY:



LABORATORIUM PROTETYCZNE JERZY ANDRYSKOWSKI

PATRONI HONOROWI:



SAMORZĄD
DOKTORANTÓW



PATRONI MEDIALNI:



IMPLANTOLOGIA
STOMATOLOGICZNA

MEDYCZNE PORTALE.PL

Spis treści:

Katarzyna Arkusz: <i>Właściwości antybakteryjne nanorurek ditlenku tytanu modyfikowanych nanocząstkami srebra.....</i>	1
Michał Bartmański: <i>Zastosowanie techniki nanoindentacji do oceny właściwości mechanicznych modyfikowanych powierzchniowo implantów.....</i>	2
Joanna Bączyk: <i>Zastosowanie technologii AR i VR w dziedzinie stomatologii, ortopedii i chirurgii.....</i>	3
Michał Bąk: <i>Rekonstrukcja zuchwy i stawu skroniowo-zuchwowego z użyciem implantów indywidualnych.....</i>	4
Monika Budnicka: <i>Polimerowy substytut do regeneracji kości gąbczastej.....</i>	5
Paulina Dederko: <i>Wpływ biodegradacji in vitro na cechy nanocelulozy bakteryjnej w aspekcie wykorzystania jako implant sercowo-naczyniowy.....</i>	6
Krzysztof Dowgierd: <i>Zastosowanie implantów indywidualnych w rekonstrukcjach twarzy w chirurgii szczękowo-twarzowej.....</i>	7
Łukasz Dudek: <i>Otrzymywanie i charakterystyka powłok PEO o rozwiniętej stereometrii powierzchni zawierających miedź na podłożu tytanowym.....</i>	8
Magda Dziaduszevska: <i>Charakterystyka porowatych struktur do rekonstrukcji tkanki twardej wytwarzanych metodą SLM.....</i>	9
Michalina Ehlert: <i>Wytwarzania nanostrukturalnego hydroksyapatytu metodą ALD na bioaktywnych rusztowaniach TiO₂.....</i>	10
Jarosław Filipiak: <i>Mechanobiologiczne aspekty kształtowania rusztowania tkanki kostnej wytwarzanego metodą przyrostową...</i>	11
Wiktoria Flisikowska: <i>Wpływ zmiany interfejsu poliprol-żelazo na właściwości korozyjne biomateriału do zastosowań w biodegradowalnych stentach naczyniowych.....</i>	12
Agnieszka Gadomska-Gajadhur: <i>Polimerowe rusztowania komórkowe do regeneracji tkanki chrzęstnej.....</i>	13
Dominika Gizińska: <i>Metodologia badań implantów stomatologicznych wykorzystywanych w medycynie.....</i>	14
Tomasz Goryczka: <i>Zastosowanie implantów ze stopu NiTi w medycynie i weterynarii.....</i>	15
Marlena Grodzicka: <i>Biodegradowalne porowate układy 3D na bazie żelaza na potrzeby współczesnej implantologii.....</i>	16

Magdalena Jażdżewska: <i>Nanohydroksyapatytowe powłoki na stopie tytanu Ti6Al4V zmodyfikowane laserem Nd:YAG.....</i>	17
Beata Kaczmarek: <i>Sposoby modyfikacji właściwości materiałów na bazie polimerów naturalnych pod kątem zastosowania w inżynierii tkankowej.....</i>	18
Wojciech Korzeniewski: <i>Synteza i charakterystyka strukturalna nanoceramiki hydroksyapatytowej domieszkowanej niobem.....</i>	19
Ewa Kozłowska: <i>Specyfika projektowania CAD w implantologii stomatologicznej.....</i>	20
Justyna Kozłowska: <i>Funkcjonalne materiały zawierające mikrocząstki w polimerowych matrycach do kontrolowanego uwalniania substancji aktywnych.....</i>	21
Agnieszka Kubiś: <i>Wielofunkcyjny materiał kompozytowy o właściwościach przeciwdrobnoustrojowych i proregeneracyjnych do tkanki kostnej.....</i>	22
Julia Lisoń: <i>Zmodyfikowane powierzchniowo biomateriały metalowe stosowane w układzie kostnym.....</i>	23
Beata Majkowska-Marzec: <i>Węglowe powłoki nanorurkowe modyfikowane laserowo na potrzeby implantologii.....</i>	24
Karolina Markiewicz: <i>Wytwarzanie i charakteryzacja ceramicznych warstw zawierających srebro lub miedź na biomedycznym stopie Ti6Al7Nb.....</i>	25
Anna Mazur-Nowacka: <i>Ocena mikroskopowa i elektrochemiczna biomateriałów SiO₂-Y₃O₃ osadzonych na stali 316L po ekspozycji w SBF.....</i>	26
Agnieszka Ossowska: <i>Degradacja powierzchni implantów tytanowych.....</i>	27
Łukasz Pawłowski: <i>Wytwarzanie i charakterystyka powłok chitozanowych z dodatkiem nanocząstek srebra.....</i>	28
Kornel Pietrzak: <i>Porowate powłoki PEO wzbogacone w wapń, magnez i cynk otrzymane w elektrolitach na bazie kwasu fosforowego (V).....</i>	29
Piotr Piszczek: <i>Chemiczne aspekty wytwarzania implantów nowej generacji.....</i>	30
Marta Piatek: <i>Analiza materiałoznawcza deimplantowanego elementu endoprotezy stawu biodrowego.....</i>	31
Karolina Przybyszewska: <i>Wpływ różnej zawartości żelatyny na właściwości mechaniczne, chemiczne i biologiczne hydrożeli alginian sodu/żelatyna przeznaczonych do wytwarzania metodami przyrostowymi.....</i>	32

Aleksandra Radtke: <i>Optymalna biologicznie ilość nanocząstek srebra na zmodyfikowanych powierzchniowo implantach ze stopu Ti6Al4V.....</i>	33
Krzysztof Rokosz: <i>Wytwarzanie porowatych powłok na podłożu tytanowym w elektrolitach na bazie stężonego kwasu ortofosforowego.....</i>	34
Wojciech Simka: <i>Utlenianie anodowe implantów tytanowych: od laboratorium do przemysłu.....</i>	35
Adrianna Skwira: <i>Właściwości fizykochemiczne mezoporowatych materiałów krzemionkowych powleczonych polimerami.....</i>	36
Grzegorz Sołdecki: <i>Badanie pasywności nowych stopowych stali austenitycznych.....</i>	37
Adrian Szewczyk: <i>Kompozyty regenerujące tkankę kostną na bazie mezoporowatej krzemionki z substancją leczniczą i fosforanem wapnia.....</i>	38
Michał Tomaszewski: <i>Hemodynamiczna analiza przepływu krwi w naczyniu ze stentem przy wykorzystaniu metody PIV.....</i>	39
Julia J. Weber: <i>Badania właściwości powierzchni stopu Ti-13Zr-13Nb modyfikowanej nanorurkami TiO₂ i nanocząstkami Cu.....</i>	40
Marcin Wekwejt: <i>Bioaktywny cement kostny domieszkowany nanocząstkami srebra.....</i>	41
Agnieszka Włodarkiewicz: <i>Badanie procesów przyrostowego wytworzenia powłok na podłożu z niobu o rozwiniętej strukturze stereometrycznej.....</i>	42
Andrzej Wojtowicz: <i>Profilaktyka i „procedury ratunkowe” w implantoprotetyce.....</i>	43
Bartłomiej Wysocki: <i>Właściwości implantów wytwarzanych z technicznie czystego tytanu metodą selektywnego topienia laserowego.....</i>	44
Andrzej Zieliński: <i>Powierzchnie międzyukładowe implant-kość: projektowanie, modyfikowanie i zmiany po implantacji.....</i>	45
Jan A. Zienkiewicz: <i>Biokompozyty oparte o β-diortofosforan triwapnia oraz polilaktyd, jako potencjalne materiały do teranostyki.....</i>	46

WŁAŚCIWOŚCI ANTYBAKTERYJNE NANORUREK DITLENKU TYTANU MODYFIKOWANYCH NANOCZĄSTKAMI SREBRA

Katarzyna Arkusz*, Marta Nycz, Ewa Paradowska, Karolina Marcinowicz

Zakład Inżynierii Biomedycznej, Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra

* e-mail: k.arkusz@ibem.uz.zgora.pl

Słowa kluczowe: nanorurki ditlenku tytanu, nanocząstki srebra, testy antybakteryjne

Nanorurki ditlenku tytanu (TNT) znajdują szerokie zastosowanie aplikacyjne w modyfikacji powierzchni implantów ortopedycznych z uwagi na wysoką biogodność, dobrą odporność korozyjną, powinowactwo biologiczne i właściwości antybakteryjne [1]. Modyfikacje powierzchniowe TNT mające na celu redukcję ryzyka wystąpienia reakcji bakteryjnej po wszczepieniu polegają m.in. na nanoszeniu nanocząstek srebra (AgNPs) na powierzchnię implantów. Pomimo, że właściwości antybakteryjne AgNPs oraz TNT są powszechnie znane [2], w literaturze nie podjęto do tej pory próby oceny właściwości kompozytu TNT/AgNPs z uwzględnieniem wpływu modyfikacji termicznej, która znacząco zmienia właściwości elektrochemiczne warstwy TNT.

Celem prowadzonych badań była ocena właściwości antybakteryjnych nanocząstek srebra osadzonych na nanorurkach ditlenku tytanu. Właściwości antybakteryjne określono wobec dwóch rodzajów bakterii: *Staphylococcus epidermidis*- Gramm(+) oraz *Pseudomonas Aeruginosa*-Gramm(-). TNT wytworzono w procesie anodyzacji, wyżarzano w atmosferze argonu w temperaturze 450° C, a następnie na ich powierzchnię osadzono AgNPs metodą woltamperometrii cyklicznej. Analizy powierzchni wytworzonych warstw TNT oraz TNT/AgNPs przed oraz po modyfikacji termicznej dokonano za pomocą technik elektrochemicznych i mikroskopowych. Testy antybakteryjne wykonano metodami: antybiogramu oraz pomiarów wartości gęstości optycznej (OD) od momentu zanurzenia próbki w roztworze po 0 h, 1 h, 2 h, 3 h, 24 h.

Na podstawie przeprowadzonych badań zaobserwowano wyraźny wpływ AgNPs na właściwości antybakteryjne wytworzonych warstw na powierzchni tytanu. Warstwy TNT/AgNPs hamowały rozwój bakterii zarówno *S.epidermidis*, u których żywotność komórek bakteryjnych po 20 h zanurzenia próbki wynosiła 38%, jak i *P.Aeruginosa*, u których żywotność komórek bakteryjnych wynosiła 5%. Wykazano również, że zastosowana modyfikacja termiczna polepszyła właściwości antybakteryjne.

Piśmiennictwo

[1] Arkusz K.: The influence of implantation on mechanical degradation of the nanotubular oxide layer on titanium screws. *Advances in Intelligent Systems and Computing* 623 (2018) 339-347.

[2] Yeniylol S., He Z., Yuksel B. et al.: Antibacterial Activity of As - Annealed TiO₂ Nanotubes Doped with Ag Nanoparticles against Periodontal Pathogens. *Bioinorg. Chem. Appl.* 2014 (2014) 1-8.

ZASTOSOWANIE TECHNIKI NANOINDENTACJI DO OCENY WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH MODYFIKOWANYCH POWIERZCHNIOWO IMPLANTÓW

Michał Bartmański

Katedra Inżynierii Materiałowej i Spajania, Wydział Mechaniczny, Politechnika Gdańska, Gdańsk
e-mail: michal.bartmanski@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: *nanointentacja, nanoscratch-test, modyfikacje powierzchniowe, TiO₂, hydroksyapatyt*

Obecnie najczęściej stosowanymi materiałami na implanty długotrwałe są tytan i jego stopy. Ponieważ jednak materiały te nie w pełni spełniają stawiane im wymagania, stosowane są liczne modyfikacje powierzchniowe, mające na celu uzyskanie dedykowanych implantom właściwości, np. wzrost osteointegracji wszczepu z otaczającymi tkankami, nadanie właściwości antibakteryjnych czy zbliżenie właściwości mechanicznych implantu do ludzkiej kości [1]. Najczęściej stosowanymi obecnie modyfikacjami powierzchni są osadzanie powłok na bazie hydroksyapatytu oraz wytwarzanie nanometrycznej warstwy ditlenku tytanu TiO₂ [2].

Techniką umożliwiającą uzyskanie informacji na temat właściwości mechanicznych warstw i powłok, nawet bardzo cienkich, na implantach jest nanointentacja wraz z techniką nanoscratch-test. Pomiar z wykorzystaniem techniki nanointentacji polega na zagłębianiu diamentowego wgłębnika Berkovich'a w materiał badany z wykorzystaniem ultraniskich obciążeń lub głębokości. Podczas pomiaru stale rejestrowane jest chwilowe położenie wgłębnika w funkcji siły obciążenia, a następnie z wykorzystaniem analitycznej metody Olivera-Pharr'a wyznaczone zostają wartości m.in. twardości i modułu Young'a. Dodatkowo dzięki sondzie tarcia i stałemu monitorowaniu zmiany siły tarczej w funkcji zadanej siły normalnej możliwe jest określenie siły adhezji modyfikacji do powierzchni materiału [3].

W pracy przedstawiono wyniki pomiarów mechanicznych wykorzystujących technikę nanointentacji oraz nanoscratch-test dla różnych modyfikacji powierzchniowych stopu tytanu.

Piśmiennictwo

- [1] Chen Q., Thouas G.A.: Metallic implant biomaterials. Mater. Sci. Eng. R Reports. 87 (2015) 1–57.
- [2] Subramani K., Mathew R.T.: Titanium Surface Modification Techniques for Dental Implants - From Microscale to Nanoscale. Emerg. Nanotechnologies Dent. (2012) 85–102.
- [3] Oliver W.C., Pharr G.M.: An improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and displacement sensing indentation experiments. J. Mater. Res 7 (1992) 1564-1583.

ZASTOSOWANIE TECHNOLOGII AR I VR W DZIEDZINIE STOMATOLOGII, ORTOPEDII I CHIRURGII

Joanna Baczyk

Wydział Biologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Poznań

e-mail: joanna.baczyk@op.pl

Słowa kluczowe: rzeczywistość rozszerzona, AR, wirtualna rzeczywistość, VR

Rzeczywistość rozszerzona (ang. *Augmented Reality*, AR) to rodzaj technologii, w której środowisko zintensyfikowane jest poprzez proces nakładania generowanych komputerowo obrazów na prawdziwe struktury, wzmacniając percepcję sensoryczną rzeczywistości. Natomiast rzeczywistość wirtualna (ang. *Virtual Reality*, VR) może być opisana jako połączenie wielu technologii umożliwiających interakcję użytkowników z podmiotami wirtualnymi w czasie rzeczywistym [1]. Dynamiczny rozwój tych nowoczesnych technologii implikuje coraz szerszy wachlarz zastosowań AR i VR w medycynie: od diagnostyki, poprzez symulacje medyczne, dalej implantologię i chirurgię, aż po rehabilitację [2]. W celu przybliżenia obu technik zaprezentowane zostaną przykłady ich wykorzystania w obszarze stomatologii [1, 2], ortopedii [3] oraz chirurgii [4,5] na podstawie przeglądu literaturowego. Pomimo, iż technologie AR i VR muszą mierzyć się z wieloma wyzwaniami (m.in. płynnym przechodzeniem między światem wirtualnym a rzeczywistym, realistycznym odzwierciedleniem obiektów ruchomych, przesyłaniem danych w czasie rzeczywistym bez opóźnień), niewątpliwie stanowią obiecujące narzędzia pozwalające na zwiększenie precyzjności wykonywanych zabiegów, minimalizację ryzyka komplikacji, a tym samym skrócenie czasu leczenia poprzez wzrost efektywności pracy lekarzy.

Piśmiennictwo

- [1] Kwon H.B., Park Y.S., Han J.S.: Augmented reality in dentistry: a current perspective. *Acta Odontol. Scand.* (2018) 497-503.
- [2] Joda T., Gallucci G.O., Wismeijer D., Zitzmann N.U.: Augmented and virtual reality in dental medicine: A systematic review. *Comput. Biol. Med.* (2019) 93-100.
- [3] Fotouhi J., Clayton P.A., Unberath M., et al.: Plan in 2-D, execute in 3-D: an augmented reality solution for cup placement in total hip arthroplasty. *J. Med. Imaging* 5 (2018) 1-10.
- [4] Carl, B., Bopp, M., Saß, B.: Implementation of augmented reality support in spine surgery. *Eur. Spine J.* (2019) 1-15.
- [5] Vávra P., Roman J., Zonča P., et al.: Recent development of augmented reality in surgery: a review, *J. Healthc. Eng.* (2017) 1-9.

REKONSTRUKCJA ŻUCHWY I STAWU SKRONIOWO-ŻUCHWOWEGO Z UŻYCIEM IMPLANTÓW INDYWIDUALNYCH

Iwona Niedzielska, Zbigniew Puszczewicz, Michał Bak*, Damian Niedzielski

Katedra i Klinika Chirurgii Czaszkowo-Szczękowo-Twarzowej i Chirurgii Stomatologicznej,
Wydział Lekarski z Oddziałem Lekarsko-Dentystycznym w Zabrze, Śląski Uniwersytet Medyczny
w Katowicach, Katowice

* e-mail: mmwbak@gmail.com

Słowa kluczowe: endoproteza stawu skroniowo-żuchwowego, implant żuchwy, implant indywidualny

W celu zachowania funkcji oddychania, połykania, mowy oraz estetyki twarzy po procedurach resekcyjnych konieczne jest odtworzenie ciągłości żuchwy. Historycznie osiągnano to z użyciem standardowych tytanowych płyt rekonstrukcyjnych oraz przeszczepów kostnych [1,2]. Dzięki postępowi technologicznemu możliwa stała się również rekonstrukcja z użyciem implantów indywidualnych, których zaletami są redukcja czasu operacji i ogólnych kosztów leczenia, zmniejszenie obciążenia pacjenta, dobre odtwarzanie funkcji żuchwy i bardzo szybki jej powrót oraz przede wszystkim możliwość uzyskania doskonałej symetrii i wyników estetycznych [2,3]. U pięciu Pacjentów (4 kobiety, 1 mężczyzna, wiek 28-62 lata) Kliniki Chirurgii Szczękowo-Twarzowej wymagających resekcji żuchwy na podstawie Tomografii Komputerowej zaprojektowano i wyprodukowano indywidualne implanty rekonstruujące zresekowane fragmenty żuchwy. W 1. przypadku wyprodukowano endoprotezę stawu skroniowo-żuchwowego składającą się z tytanowej części odtwarzającej fragment trzonu, kąta i gałęzi żuchwy oraz panewkę stawu z UHMWPE, w pozostałych wyprodukowano tytanowe implanty odtwarzające brakujący fragment żuchwy. Tytanowe implanty wyprodukowano poprzez synteryzację laserową (2) lub frezowanie ze stopu tytanu Ti6Al4V. Resekcję przeprowadzono z użyciem szablonów chirurgicznych, a następnie wprowadzono implanty indywidualne. W wyniku przeprowadzonych zabiegów przywrócono lub utrzymano symetrię twarzy oraz uzyskano zwiększenie zakresu odwodzenia żuchwy. Rekonstrukcja żuchwy z użyciem implantów indywidualnych jest rozwiązaniem umożliwiającym uzyskanie optymalnych wyników estetycznych i czynnościowych oraz szybki powrót funkcji układu stomatognatycznego.

Piśmiennictwo

- [1] Wilde F., Winter K., Kletsch K., et al.: Mandible reconstruction using patient-specific pre-bent reconstruction plates: comparison of standard and transfer key methods. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 10 (2015) 129-140.
- [2] Morrison MD, Psutka DJ.: Reconstruction of the temporomandibular joint after surgical ablation of a multiply recurrent ameloblastoma: a case report. *J Can Dent Assoc.* 80 (2014) 14.
- [3] Fernandes N., van den Heever J., Hoek K., et al.: Customized reconstruction of an extensive mandibular defect: A clinical report. *J Prosthet Dent.* 116 (2016) 928-931.

POLIMEROWY SUBSTYTUT DO REGENERACJI KOŚCI GĄBCZASTEJ

Monika Budnicka^{1*}, Paweł Ruśkowski¹, Dorota Kołbuk², Agnieszka Gadomska-Gajadur¹

¹ Politechnika Warszawska, Wydział Chemiczny, Warszawa

² Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN, Warszawa

* e-mail: mbudnicka@ch.pw.edu.pl

Słowa kluczowe: *polimery biodegradowalne, osocze bogatopłytkowe, substytut kości gąbczastej*

Polilaktyd (PLA) jest poliestrem biodegradowalnym, którego właściwości osteokondukcyjne potwierdzono w licznych testach klinicznych. Jednakże właściwości kościotwórcze PLA są niewystarczające w przypadku leczenia większych defektów kostnych. Konieczne jest łączenie syntetycznych materiałów do rekonstrukcji tkanek, w tym PLA, z czynnikami osteoindukcyjnymi zawartymi np. w osoczu bogatopłytkowym (PRP). Ze względu na hydrofobowy charakter PLA jak dotąd nie udało się go efektywnie połączyć z PRP [1].

Celem pracy było otrzymanie polilaktydowego substytutu kości gąbczastej jako nośnika PRP. Otrzymany substytut powinien cechować się elastycznością, umożliwiającą dostosowanie jego wielkości do ubytku na sali operacyjnej za pomocą skalpela.

Otrzymano substytut z poli-L-laktidu (PLLA) metodą inwersji faz z wariantem freeze extraction. Morfologię wewnętrzną substytutu określono za pomocą skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM). Porowatość otwartą i nasiąkliwość masową zbadano metodą hydrostatyczną względem izopropanolu. Moduł Younga wyznaczono w teście ściskania statycznego. Otrzymany substytut nasączono osoczem zwierzęcym. Obecność osocza w substytucie potwierdzono za pomocą spektroskopii w podczerwieni (IR), analizy elementarnej i spektroskopii dyspersji energii promieniowania rentgenowskiego (EDX). Cytotoksyczność materiału określono w teście bezkontaktowym. Wzrost osteoblastów zbadano testem PrestoBlue. Morfologię komórek kostnych oceniono za pomocą SEM. Struktura wewnętrzna implantu cechuje się obecnością wzajemnie połączonych porów o wielkości w zakresie 100-500 µm. Porowatość otwarta przekracza 90%, nasiąkliwość masowa względem izopropanolu wynosi powyżej 1300%. Specjalna budowa wewnętrzna umożliwia nasączenie substytutu osoczem. Moduł Younga osiąga wartość około 0,4 MPa. Badania komórkowe wykazały brak toksyczności materiału.

Piśmiennictwo

[1] Błaszczyk B., Kaspera W., Ficek K., et al.: Effects of Polylactide Copolymer Implants and Platelet-Rich Plasma on Bone Regeneration within a Large Calvarial Defect in Sheep. *BioMed Res Int* (2018).

WPŁYW BIODEGRADACJI *IN VITRO* NA CECHY NANOCELULOZY BAKTERYJNEJ W ASPEKTCIE WYKORZYSTANIA JAKO IMPLANT SERCOWO-NACZYNIOWY

Paulina Dederko*, Hanna Staroszczyk

Katedra Chemii, Technologii i Biotechnologii Żywności, Wydział Chemiczny,

Politechnika Gdańska, Gdańsk

* e-mail: paulinadederko@o2.pl

Słowa kluczowe: *biodegradacja, nanoceluloza bakteryjna, implanty sercowo-naczyniowe, właściwości strukturalne, właściwości mechaniczne*

Nanoceluloza bakteryjna (BNC) to naturalny polimer, który ze względu na swoje unikatowe właściwości może zostać wykorzystany do produkcji implantów sercowo-naczyniowych. Jest on łatwiej dostępny niż tkanki biologiczne, jego produkcja jest tańsza niż produkcja stosowanych do tego celu materiałów z polimerów syntetycznych, a materiały otrzymane na jego bazie spełniają wymagania stawiane biomateriałom: są biokompatybilne, nie wykazują działania teratogennego, toksycznego i mutagennego oraz nie indukują tworzenia się zakrzepów [1]. Ze względu na znacznie większą zawartość wody, a także grubość w porównaniu do zawartości wody i grubości naturalnych tkanek, wszczepianie implantów z materiałów na bazie BNC jest jednak utrudnione i konieczna jest modyfikacja polimeru w celu poprawy tych cech. Z uwagi na zagrożenia na jakie implanty sercowo-naczyniowe narażone są w organizmie człowieka, głównie biologiczne, m.in. działanie mikroorganizmów, zarówno naturalnej mikroflory, jak i patogenów, konieczne jest ponadto zbadanie podatności tego materiału na biodegradację. Celem badań było określenie postępu zmian degradacyjnych modyfikowanej przez suszenie w temperaturze pokojowej i namaczanie w wodzie BNC w warunkach *in vitro* symulujących osocze ludzkie bez oraz w obecności patogennych pleśni *A. fumigatus*. Zmodyfikowany materiał inkubowano w płynie SBF przez okres 90 dni, a następnie, w określonych odstępach czasu, badano zmiany jego właściwości strukturalnych i mechanicznych. Wykazano, że 90-dniowa inkubacja zmodyfikowanej BNC nie wpływa na jej właściwości strukturalne, powoduje natomiast pogorszenie właściwości mechanicznych, w mniejszym stopniu bez, a w większym w obecności pleśni. Pomimo jednak pogorszenia tych właściwości, BNC modyfikowana przez suszenie w temperaturze pokojowej i namaczanie w wodzie może być materiałem alternatywnym dla obecnie stosowanych biomateriałów do produkcji implantów sercowo-naczyniowych.

Piśmiennictwo

[1] Bielecki J., Kalinowska H.: Biotechnologiczne nanomateriały. Postępy mikrobiologii 47 (2008) 163-169.

ZASTOSOWANIE IMPLANTÓW INDYWIDUALNYCH W REKONSTRUKCJACH TWARZY W CHIRURGII SZCZĘKOWO-TWARZOWEJ

Krzysztof Dowgierd^{1*}, Tomasz Durejko, Marcin Zachman, Tomasz Czujko

¹ Centrum Wad Twarzoczaszki i Chirurgii Szczękowo-Twarzowej, Oddział Chirurgii Głowy i Szyi,
Wojewódzki Specjalistyczny Szpital Dziecięcy, Olsztyn

² Katedra Zaawansowanych Materiałów i Technologii, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa
* e-mail: krzysztof.dowgierd@gmail.com

Słowa kluczowe: *implanty indywidualne, proteza stawu skroniowo żuchwowego, mikro rekonstrukcja
twarzoczaszki*

Leczenie rekonstrukcyjne dzieci z powodów onkologicznych i z powodu wad jest wymagające. Aby sprostać tym wyzwaniom podczas rekonstrukcji należy zastosować możliwie dające najlepsze efekty procedury. Bez wątplenia takim postępowaniem jest wirtualne planowanie zabiegów rekonstrukcyjnych oraz przedzabiegowe przygotowanie indywidualnych szablonów resekcyjnych, i implantów rekonstrukcyjnych. Planowanie wirtualne zwiększa efektywność, dokładność. Całość procesu obejmuje wirtualną analizę danych, planowanie, chirurgię wirtualną oraz wykonanie indywidualnych szablonów i implantów.

Celem pracy jest prezentacja metod planowania oraz zastosowania indywidualnych implantów do rekonstrukcji w obrębie twarzoczaszki. Zastosowanie planowania wirtualnego z wykorzystaniem szablonów resekcyjnych i wykonanych indywidualnie implantów w znaczący sposób wpływa na jakość rekonstrukcji, anatomiczne odwzorowanie utraconych tkanek oraz skrócenie czasu zabiegu. W grupie wiekowej dzieci i młodzież preferowanym płatem do rekonstrukcji jest kość strzałkowa, większości przypadków stosowana do rekonstrukcji żuchwy (4 przypadki rekonstrukcji szczęki).

Opracowanie, testowanie i wdrożenie do praktyki operacyjnej nowej generacji wszczepów jest wyzwaniem, dla chirurgów i dla projektantów i technologów bazujących na innowacyjnych rozwiązaniach informatyczno-aparaturowych z obszaru inżynierii materiałowej, wliczając w to pogłębioną analizę strukturalną metalicznych tworzyw implantacyjnych. Obecnie stosowane rozwiązania w tym obszarze są niewystarczające. Rozwiązanie problemu opiera się na aspektach materiałowo-technologicznych. Konieczne jest opracowanie kompleksowej procedury projektowania i wytwarzania personalizowanych implantów twarzoczaszki m.in. protez stawu skroniowo-żuchowego opartych na inżynierii odwrotnej (tomografia komputerowa) i technikach przyrostowych typu „powder bed”. W tym celu planuje się zastosowanie szeregu innowacyjnych rozwiązań. Zastosowanie różnych koniunkcji przedstawionych rozwiązań materiałowo-technologicznych umożliwi uzyskanie całkowitych, w pełni spersonalizowanych protez żuchwowo-skroniowych o podwyższonej funkcjonalności gwarantującej bezpieczne i długoterminowe ich użytkowanie wraz z odtworzeniem cech anatomicznych pacjenta w obszarze twarzoczaszki.

OTRZYMYWANIE I CHARAKTERYSTYKA POWŁOK PEO O ROZWIĄTEJ STEREOMETRII POWIERZCHNI ZAWIERAJĄCYCH MIEDŹ NA PODŁOŻU TYTANOWYM

**Łukasz Dudek^{1*}, Krzysztof Rokosz¹, Tadeusz Hryniewicz¹, Katarzyna Tandecka¹, Steinar
Raaen², Sofia Gaiaschi³, Patrick Chapon³, Winfried Malorny⁴, Dalibor Matýsek⁵**

¹ Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny,

Katedra Inżynierii Systemów Technicznych i Informatycznych, Koszalin, Polska

² Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Physics Department, Trondheim, Norway

³ HORIBA FRANCE S.A.S., Palaiseau, France

⁴ Hochschule Wismar-University of Applied Sciences Technology, Business and Design,
Faculty of Engineering, Wismar, Germany

⁵ VŠB—Technical University of Ostrava, Institute of Geological Engineering,
Faculty of Mining and Geology, Ostrava, Czech Republic

* e-mail: lukasz.dudek@tu.koszalin.pl

Słowa kluczowe: *plazmowe utlenianie elektrolityczne, tytan, miedź, porowata powłoka*

Plazmowe Utlenianie Elektrolityczne umożliwia wytworzenie na podłożu tytanowym, w elektrolitach na bazie stężonego kwasu ortofosforowego z dodatkiem azotanu(V) miedzi(II), powłok ceramicznych o rozwiniętej strukturze stereometrycznej charakteryzujących się zagnieźdżonymi porowatościami. W celu scharakteryzowania powierzchni pod kątem składu chemicznego wykorzystano technikę EDS, z której wyniki zostały uzupełnione profilem głębokościowym uwzględniającym wodór (GDOES). Analizę składu chemicznego uzyskanych powłok przeprowadzono w zakresie warstwy wierzchniej powierzchni (ok. 10 nm) techniką XPS, natomiast analizę składu fazy krystalicznej metodą XRD. Do obrazowania powierzchni powłok oraz opisu ich stereometrii wykorzystano skaningową mikroskopię elektronową oraz konfokalną skaningową mikroskopię laserową.

Na podstawie przeprowadzonych badań zauważono, że zwiększanie zawartości azotanu(V) miedzi(II) w elektrolicie (w zakresie od 0 do 650 g/dm³), jak i napięcia procesu PEO (w zakresie od 450 do 650 V) powoduje zwiększenie zarówno stosunku atomowego Cu/P w uzyskanych powłokach jak i zwiększenie wartości parametru chropowatości 3D Sz.

Podziękowania:

Prezentowane wyniki powstały w ramach projektu dofinansowanego przez Grant OPUS 11 z Narodowego Centrum Nauki (NCN) o numerze rejestracyjnym 2016/21/B/ST8/01952, pod tytułem "Opracowanie modeli nowych porowatych powłok powstałych na tytanie z wykorzystaniem Plazmowego Utleniania Elektrochemicznego w elektrolitach zawierających kwas fosforowy oraz azotany wapnia, magnezu, miedzi i cynku", oraz są częścią rozprawy doktorskiej nt. „Wytwarzanie i charakterystyka porowatych powłok zawierających miedź na podłożu tytanowym, z wykorzystaniem plazmowego utleniania elektrolitycznego”.

CHARAKTERYSTYKA POROWATYCH STRUKTUR DO REKONSTRUKCJI TKANKI TWARDEJ WYTWARZANYCH METODĄ SLM

Magda Dziaduszevska^{*}, Tomasz Seramak, Andrzej Zieliński

Zespół Biomateriałów, Katedra Inżynierii Materiałowej i Spajania, Wydział Mechaniczny, Politechnika
Gdańska, Gdańsk

^{*}e-mail: magda.dziaduszevska@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: SLM, porowate struktury, rusztowania kostne, Ti13Zr13Nb

Rusztowanie do rekonstrukcji tkanki twardej jest trójwymiarową strukturą, która stanowi podporę pozwalającą komórkom przylegać, proliferować i różnicować się, tworząc zdrową tkankę zastępującą uszkodzoną kość. Tradycyjnie, do wytwarzania porowatych struktur wykorzystywano różne techniki, w tym odlewanie z roztworu z wymywaniem porogenu, separacja faz, prasowanie izostatyczne na gorąco. Ostatnio wprowadzone techniki wytwarzania addytywnego (AM) wykazują kilka zalet w porównaniu z konwencjonalnymi metodami. Przykładem jest technologia selektywnego stapiania proszków metalicznych wiązką lasera (SLM), która pozwala tworzyć wysoce dokładne i dowolnie złożone struktury 3D [1,2].

Celem pracy było wytworzenie metodą SLM porowatych struktur o zmiennej wielkości i geometrii porów oraz przeprowadzenie ich podstawowej charakterystyki.

Trójwymiarowy cylindryczny model o wymiarach 6x12 mm powstał przy użyciu programu CAD: Materialise Magics®. Rusztowanie wytworzono metodą SLM z proszku Ti13Zr13Nb o wielkości ziaren: 20-70 µm. Próbkę posiadały dwa odmienne kształty porów: „Diamond” oraz „Cube”, a ich wielkość wynosiła kolejno: 300 oraz 600 µm. Rusztowanie poddano analizie. Mikroskop optyczny został wykorzystany do zbadania zewnętrznych wymiarów porów i rozporów. Następnie przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM) określono mikrostrukturalne cechy powierzchni oraz morfologię porów w strukturze. W celu określenia stopnia porowatości oraz porównania ich do wartości modelowych, wykonano pomiar gęstości metodą hydrostatyczną przy użyciu precyzyjnej wagi analitycznej KERN AET. Ocenę składu chemicznego umożliwiło przeprowadzenie analizy EDS. Uzyskane wyniki ujawniły znaczące rozbieżności pomiędzy modelem 3D a strukturą wytworzoną metodą SLM, skłaniając do dalszych optymalizacji modelu porowatych struktur przeznaczonych do rekonstrukcji tkanki twardej.

Piśmiennictwo

- [1] Zhang X.-Y., et al.: Additively Manufactured Scaffolds for Bone Tissue Engineering and the Prediction of their Mechanical Behavior: A Review. Mater. (Basel, Switzerland) 10 (2017) 1.
- [2] Tan X. P., et al.: Metallic powder-bed based 3D printing of cellular scaffolds for orthopaedic implants: A state-of-the-art review on manufacturing, topological design, mechanical properties and biocompatibility. Mater. Sci. Eng. C 76 (2017) 1328–1343.

WYTWARZANIE NANOSTRUKTURALNEGO HYDROKSYAPATYTU METODĄ ALD NA BIOAKTYWNYCH RUSZTOWANIACH TiO₂

**Michalina Ehlert^{1,2*}, Aleksandra Radtke^{1,2}, Piotr Piszczek^{1,2}, Jani Holopainen³, Tomasz
Jędrzejewski⁴, Michał Bartmański⁵**

¹ Wydział Chemii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Toruń

² Nano-implant Spółka z o.o., Toruń

³ Department of Chemistry, University of Helsinki, Helsinki, Finland

⁴ Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Toruń

⁵ Wydział Mechaniczny, Politechnika Gdańsk, Gdańsk

* e-mail: m.ehlert@doktorant.umk.pl

Słowa kluczowe: tytan, nanorurki, hydroksyapatyt, osadzanie warstw atomowych, Ti6Al4V

Tytan i jego stopy są stosowane w chirurgii klinicznej, jako biomateriały służące do wyrobu implantów, np. ortopedycznych lub stomatologicznych. Materiałom tym stawia się szereg wymagań, aby w trakcie eksploatacji mogły one współpracować z żywą kością, spośród których do najważniejszych należą zdolność powierzchni implantu do interakcji biologicznych i właściwości mechaniczne. Dotychczasowe prace wskazują, że połączenie nanoporowatych układów TiO₂ z powłoką hydroksyapatytu, w celu poprawy procesu zrastania się implantu z kością jest najlepszym rozwiązaniem [1].

Cel naszych badań polegał na opracowaniu metody wytwarzania rusztowań ditenku tytanu na podłożach stopów tytanu oraz na zbadaniu możliwości ich wzbogacania nanocząstkami hydroksyapatytu (HA). Zadaniem tego typu kompozytu jest intensyfikacja procesu osteointegracji, a tym samym zachowanie ciągłości kości. Zastosowaliśmy trzy techniki syntezy: (1) elektrochemiczne utlenianie powierzchni Ti6Al4V w celu utworzenia nanorurkowej powierzchni, (2) metodę ALD w celu otrzymania bardzo cienkiej nanowarstwy węglanu wapnia na nanorurkach TiO₂ oraz (3) moką konwersję termiczną warstwy CaCO₃ do nanokrystalicznego HA.

Otrzymane nanopowłoki scharakteryzowano strukturalnie i morfologicznie. Oceniono również właściwości hydrofobowe powłok oraz ich aktywność biointegracyjną. Zbadano topografie powierzchni kompozytów za pomocą mikroskopii sił atomowych (AFM), wykonano pomiary ich twardości, podatności na zarysowanie oraz modułu Younga. Powstałe w ten sposób nanopowłoki ze względu na ich wysoką biogodność i przeciwwzapalność, w przyszłości będą mogły znaleźć potencjalne zastosowanie w implantologii [1].

Piśmiennictwo

[1] Radtke A., Ehlert M., Jędrzejewski T., et al.: Titania Nanotubes/Hydroxyapatite Nanocomposites Produced with the Use of the Atomic Layer Deposition Technique: Estimation of Bioactivity and Nanomechanical Properties. *Nanomaterials* 9 (2019) 123.

MECHANOBIOLOGICZNE ASPEKTY KSZTAŁTOWANIA RUSZTOWANIA TKANKI KOSTNEJ WYTWARZANEGO METODĄ PRZYROSTOWĄ

Jarosław Filipiak^{1*}, Jan Augustyn², Magdalena Tomanik¹

¹ Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczny, Wrocław

² Politechnika Wrocławska, Koło Naukowe Biomechaników, Wrocław

* e-mail: jaroslaw.filipiak@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe: *mechanobiologia, szkielet, inżynieria tkankowa, metoda przyrostowa*

Jednym z kierunków rozwoju współczesnej medycyny jest inżynieria tkankowa skupiająca się na odtwarzaniu zużytych lub uszkodzonych tkanek i narządów. Istotnym elementem inżynierii tkankowej są rusztowania, stanowiące podłoże dla komórek i tworzącej się tkanki. Rusztowania wspomagające odtwarzanie tkanki kostnej gąbczastej powinny wykazywać szereg cech zapewniających jak najkorzystniejsze warunki do osiedlenia się komórek kościotwórczych, ich proliferacji i w efekcie tworzenia tkanki kostnej. Podstawowym zadaniem rusztowania jest funkcja podporowa, zapewniająca zdolność do przenoszenia obciążeń działających na regenerowany fragment kości do momentu odtworzenia tkanki kostnej. Siły zewnętrzne działające na rusztowanie generują w jego elementach strukturalnych odkształcenia. Te odkształcenia są istotnym bodźcem mechanicznym „zapraszającym” komórki kostne do osiedlenia się w miejscach biomechanicznie dla nich atrakcyjnych. Zatem geometria rusztowania powinna być tak ukształtowana aby działające na kość siły, wynikające z naturalnej aktywności ruchowej człowieka generowały określone pole odkształcenia na powierzchni elementów tworzących rusztowanie. Należy podkreślić, że w miarę postępującego rozwoju tkanki kostnej sztywność rusztowania powinna maleć. Ten efekt uzyskuje się stosując materiały bioresorbowalne, np. z grupy polimerów. W przypadku kości gąbczastej innym, równie istotnym zagadnieniem jest odtworzenie charakterystycznej struktury beleczkowej. Dlatego rusztowanie powinno charakteryzować się budową, która będzie stymulowała tkankę kostną do tworzenia układu beleczkowego. Dużą rolę odgrywa w tym przypadku porowatość rusztowania, która powinna cechować się anizotropią strukturalną, wymuszającą powstawanie beleczek kostnych zorientowanych tak, aby mogły one skutecznie przenosić obciążenia. Równie ważna jest wielkość porów, zapewniająca warunki sprzyjające efektywnej migracji komórek i ich penetracji w głąb objętości rusztowania, a także sprawny przepływ płynów organicznych dostarczających substancji odżywczych.

W pracy przedstawiono wybrane aspekty mechanobiologicznego kształtowania struktury rusztowania dla tkanki kostnej gąbczastej na podstawie wyników badań doświadczalnych i symulacji numerycznych prowadzonych w Katedrze Inżynierii Biomedycznej, Mechatroniki i Teorii Mechanizmów na Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej.

WPLYW ZMIANY INTERFEJSU POLIPIROL-ZELAZO NA WLAŚCIWOŚCI KOROZYJNE BIOMATERIAŁU DO ZASTOSOWAŃ W BIODEGRADOWALNYCH STENTACH NACZYNIOWYCH

Wiktoria Flisikowska*, Karolina Cysewska, Piotr Jasiński

Laboratorium Materiałów Funkcjonalnych, Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki,
Politechnika Gdańska, Gdańsk, Polska

* e-mail: wiktoriaflisikowska@wp.pl

Słowa kluczowe: biodegradowalne implanty, żelazo, salicylan sodu, elektropolimeryzacja, polipirol

Obecnie stałe, metalowe stenty sercowo-naczyniowe są implantami długoterminowymi. Obecność takiego implantu przez długi czas w ludzkim ciele może doprowadzić do przerost tkanki w leczonym naczyniu, ponownemu zablokowaniu układu krążenia oraz do innych poważnych powikłań klinicznych. Dlatego też, prowadzone są badania nad ich biodegradowalnymi formami. Jednym z obiecujących materiałów do tych zastosowań jest żelazo wykazujące bardzo dobre właściwości mechaniczne. Jednak, aby metal ten mógł być użyty w zastosowaniu klinicznym, jego szybkość korozji powinna zostać zoptymalizowana. W ostatnich badaniach pokazano, że obiecującym rozwiązaniem jest modyfikacja powierzchni metalu polimerem przewodzącym, polipirole [1]. Zauważono również, iż znaczący wpływ na właściwości biomateriału polipirol-żelazo wykazuje interfejs między polimerem, a metalem. Dlatego też, głównym celem tej pracy jest zbadanie wpływu warstwy pasywacyjnej powstającej na granicy interfejsu polipirol-żelazo na właściwości korozyjne tego materiału.

W tym celu, powierzchnia żelaza została dodatkowo elektrochemicznie spasywowana w wodnych roztworach salicylanu sodu o różnym stężeniu molowym. Proces ten został przeprowadzony tuż przed elektroosadzeniem się polipirolu. Następnie, tak przygotowany materiał, z obecnością oraz bez powłoki, został zbadany pod względem degradacji w roztworze soli fizjologicznej (PBS - phosphate buffer saline, pH 7.4) w temperaturze 37°C.

Badania wstępne wykazały, iż zmiana interfejsu polipirol-żelazo ma znaczący wpływ na właściwości korozyjne badanego materiału. Pasywacja żelaza w roztworze salicylanu sodu jest możliwa i w zależności od czasu trwania wpływa znacząco na napięcie oraz prąd korozji metalu.

Piśmiennictwo

[1] Cysewska K. et al.: Tailoring the electrochemical degradation of iron protected with polypyrrole films for biodegradable cardiovascular stents. *Electrochim. Acta* 245 (2017) 327.

POLIMEROWE RUSZTOWANIA KOMÓRKOWE DO REGENERACJI TKANKI CHRZĘSTNEJ

**Agnieszka Gadomska-Gajadhur^{1*}, Paweł Ruśkowski¹, Karolina Łojek¹, Aleksandra Kruk¹,
Kamil Wierzchowski², Maciej Pilarek²**

¹ Wydział Chemiczny, Politechnika Warszawska, Warszawa

² Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej, Politechnika Warszawska, Warszawa

* e-mail: agadomska@ch.pw.edu.pl

Słowa kluczowe: skafoldy, materiały porowate, regeneracja chrząstki, badania komórkowe

Leczenie uszkodzeń chrząstki stawowej jest dużym problemem współczesnej medycyny [1], gdyż jest ona zbudowana z jednej z najtrudniejszych do regeneracji tkanek. Przyczyną tego problemu jest fakt, że chondrocyty (komórki tkanki chrzęstnej) do wzrostu wymagają obecności trójwymiarowego szkieletu tzw. macierzy zewnątrzkomórkowej (ECM). Rozwiązaniem tego problemu mogą być rusztowania komórkowe (ang. scaffold) czyli porowate, przestrzenne struktury, których zadaniem jest czasowe zastąpienie ECM. Celem pracy było otrzymanie rusztowań komórkowych, które spełniałyby wymagania do regeneracji tkanki chrzęstnej. Skafoldy wytwarzano z polilaktydu, wg oryginalnej opatentowanej metody [2]. Zbadano ich morfologię, porowatość otwartą, nasiąkliwość wg *i*-PrOH oraz osocza zwierzęcego. Przeprowadzono hodowle komórkowe z udziałem fibroblastów mysich L929 i chondrocytów CP5. Otrzymano materiały o bardzo dużej porowatości (>90%). Skafoldy posiadały bardzo liczne pory, o okrągłym i owalnym kształcie, wzajemnie ze sobą połączone. W ściankach porów występowały dodatkowe perforacje, które są niezbędne do prawidłowego wzrostu komórek. Nasiąkliwość wg osocza i *i*-PrOH wynosiła ok 800%, zatem można wnioskować o stosunkowo łatwej migracji składników odżywczych do wnętrza skafoldu. Badania komórkowe wobec fibroblastów i chondrocytów wykazały, że komórki rosną bardzo szybko i w pełni pokrywają powierzchnie skafoldu. Przeprowadzone testy biochemiczne wykazały, że różnicowanie chondrocytów na otrzymanych skafoldach zachodzi w sposób prawidłowy. Podsumowując otrzymano i w pełni scharakteryzowano polilaktydowe rusztowanie komórkowe do hodowli chondrocytów. Skafold posiada odpowiednią morfologię, nasiąkliwość oraz nie wykazuje toksyczności względem badanych komórek. Pozytywne wyniki badań predysponują materiał do badań na zwierzętach.

Piśmiennictwo

[1] Kruk A., Gadomska-Gajadhur A., Rykaczewska I., et al.: Influence of liquid pore precursors on morphology and mechanical properties of cells scaffolds obtained by dry inversion phase method. J. Biomed. Mater. Res. B 107 (2019) 1079-1087.

[2] Gadomska-Gajadhur A., Ruśkowski P., Kruk A., et al.: Sposób wytwarzania polilaktydowych skafoldów gąbczastych do hodowli nabłonka walcowatego, patent: PL 230136, 28-09-2018.

METODOLOGIA BADAŃ IMPLANTÓW STOMATOLOGICZNYCH WYKORZYSTYWANYCH W MEDYCYNIE

Dominika Gizińska^{1*}, Mateusz Wirwicki²

¹ Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy, Uniwersytet
Mikołaja Kopernika w Toruniu, Bydgoszcz

² Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J. i J. Śniadeckich w Bydgoszczy, Bydgoszcz

* e-mail: gizinskadominika@gmail.com

Słowa kluczowe: *implant stomatologiczny, biomechanika, staw skroniowo-żuchwowy, żuchwa*

Celem wszczepienia implantu do organizmu jest odtworzenie naturalnie pełnionej funkcji bądź estetyki danego uszkodzonego organu. W głównej mierze zastępują one tkanki twarde. W świecie modyfikacji ciała miano wszczepu odnosi się również do implantów podskórnych oraz transdermalnych [1]. Implant stomatologiczny stanowi pierwszorzędne rozwiązanie dla uzupełniania ubytków zębowych. Implantologia stomatologiczna opiera się na zjawisku osteointegracji, czyli bezpośrednim połączeniu pomiędzy żywą kością, a powierzchnią obciążonego wszczepu [2]. Na podstawie zebranej aktualnej literatury przedstawiono struktury anatomiczne układu stomatognatycznego i jego mechanizmy czynnościowe. W oparciu o uwarunkowania biomechaniczne oraz biomechanikę stawu skroniowo-żuchwowego opisano badania wytrzymałościowe wykonywane na implantach stomatologicznych oraz protezach. Przedstawione zostały również wszelkiego rodzaju przyrządy wspomagające wymienione badania oraz ułatwiające proces implantacji. Na bazie uzyskanych informacji możliwe było dokładne zapoznanie się z tematem implantów stomatologicznych, ich biomechaniką oraz warunkami wytrzymałościowymi.

Zebrane w pracy informacje są wstępem do rozpoczętych badań nad docelowym symulatorem żucia, mającym za zadanie badanie wytrzymałości implantów stomatologicznych w oparciu o poznaną budowę i biomechanikę układu stomatognatycznego. Projekt ten ma na celu jak najdokładniejsze odwzorowanie funkcjonowania żuchwy, aby warunki wytrzymałościowe, na jakie są narażone implanty stomatologiczne, były jak najbardziej zbliżone do tych, które występują w ludzkiej jamie ustnej.

Piśmiennictwo

[1] Implanty wszystko na ich temat – polski portal dentystyczny.

[2] Albrektsson T., Johansson C.: Osteoinduction, osteoconduction and osseointegration. Eur Spine J. 10 (2001) 96-101.

ZASTOSOWANIE IMPLANTÓW ZE STOPÓW NiTi W MEDYCYNIE I WETERYNARII

Tomasz Goryczka

Instytut Nauki o Materiałach, Uniwersytet Śląski, Chorzów

e-mail: tomasz.goryczka@us.edu.pl

Słowa kluczowe: NiTi, pamięć kształtu, klamry, spinki, dystraktory

Stopy NiTi, o składzie chemicznym zbliżonym do równoatomowego, ze względu na występujące w nich zjawiska pamięci kształtu są materiałem coraz częściej wykorzystywanym na implanty medyczne i weterynaryjne. Jednakże warunkiem ich zastosowania jest występowanie odwracalnej przemiany martenzytycznej w zakresie temperatur poniżej temperatury organizmów żywych [1,2]. Stąd prowadzone są badania nad kształtowaniem struktury i ich właściwości pod kątem specyfiki zastosowania medycznego. Szczególnie istotny wpływ na przebieg przemiany martenzytycznej oraz zakres jej występowania wykazuje technika wytworzenia stopu oraz zastosowana obróbka cieplna czy mechaniczna. Kombinacja warunków wytwarzania lub/i prowadzonych obróbek daje możliwość kontrolowania przebiegu przemiany martenzytycznej, jej odwracalności, wielostopniowości czy też temperatur charakterystycznych przemiany [3].

Opracowane w Instytucie Nauki o Materiałach sposoby modyfikacji struktury stopów oraz ich powierzchni umożliwiło zaprojektowanie i wykonanie własnych prototypowych implantów medycznych ze stopów NiTi, które zastosowano w praktyce przy współpracy z polskimi jednostkami medycznymi weterynaryjnymi. Do przykładów należą m.in.: klamry do zespożeń złamań w obszarze twarzoczaszki, spinki do anastomozy jelit, dystraktory do leczenia kraniostenoz czy też klamry do zespożeń złamań u małych i średnich zwierząt [4,5].

Piśmiennictwo

- [1] Yahia L.: Shape Memory Implants. Springer, Berlin Heidelberg 2000.
- [2] Duerig T, Pelton A, Stoeckel D.: An overview of nitinol medical applications. Mat. Sci. Eng. 273-275 (1999) 149-160.
- [3] Lagoudas D.C.: Shape memory alloys: Modeling and Engineering Applications. Springer Science Business Media, New York 2008.
- [4] Morawiec H., Lekston Z.: Implanty medyczne z pamięcią kształtu. wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
- [5] Lekston Z., Goryczka T. Morawiec H.: Implanty NiTi z pamięcią kształtu zastosowane w badaniach klinicznych. Engineering of Biomaterials 109-111 (2011) 62-65.

BIODEGRADOWALNE POROWATE UKŁADY 3D NA BAZIE ŻELAZA NA POTRZEBY WSPÓŁCZESNEJ IMPLANTOLOGII

Marlena Grodzicka^{1,2}, Aleksandra Radtke^{1,2}, Piotr Piszczek^{1,2}

¹ Wydział Chemii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Toruń

² Nano-implant Sp. z o. o, Toruń

* e-mail: marlena.grodzicka@doktorant.umk.pl

Słowa kluczowe: implanty biodegradowalne, żelazo, nanocząstki srebra, SEM

W ciągu ostatnich lat prowadzone są badania nad implantami metalicznymi ulegającymi biodegradacji, jako alternatywy dla obecnie stosowanych. Osiągnięcie optymalnej regeneracji wymaga, aby wszczepiony materiał jako rusztowanie spełniał określone wymogi morfologiczne i mechaniczne. Jedną z najważniejszych cech morfologicznych implantów jest ich porowatość. Pory w strukturze zapewniają kanał do transportu płynów ustrojowych oraz stymulują proliferację i przyłączenie nowej tkanki. Metale takie jak stal nierdzewna, tytan i stopy tytanu są szeroko stosowane w chirurgii ze względu na ich doskonałe właściwości mechaniczne, które będąc nierozpuszczalne, pozostają w organizmie po regeneracji tkanek. Jednak uwalnianie ich jonów może w dłuższej perspektywie negatywnie wpłynąć na organizm. Dodatkowo ich usunięcie wymaga kolejnego zabiegu operacyjnego, który obciąża pacjenta i zwiększa koszty leczenia. Degradowalne biomateriały okazują się być zdolne do przezwyciężenia tych niedogodności i mogą starać się zastąpić obecnie stosowane dla potrzeb implantologii metale odporne na korozję. Jednym z pierwiastków, który może mieć zastosowanie we wspomnianych biodegradowalnych układach jest żelazo. Żelazo jest składnikiem cytochromów, hemoglobiny, mioglobiny oraz wielu enzymów. Materiały na bazie żelaza łączą wysoką wytrzymałość ze średnią prędkością korozji. W celu zwiększenia szybkości ich degradacji można domieszkować je innymi metalami, na przykład magnezem, manganem oraz srebrem.

W prezentacji posterowej przedstawiono wyniki prac nad syntezą porowatych gąbek żelaznych oraz nad ich wzbogacaniem za pomocą nanoziaren srebra. Morfologię wykonanych gąbek z żelaza analizowano za pomocą skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM), zaś skład chemiczny określono za pomocą analizy danych dyfrakcji rentgenowskiej (XRD).

Piśmiennictwo

[1] Peuster M., Hesse C., Schloo T., et al.: Long-term biocompatibility of a corrodible peripheral iron stent in the porcine descending aorta. *Biomaterials* 27 (2006) 4955–4962.

[2] Schinhammer M., Gerber I., Hanzl A.C., et al.: On the cytocompatibility of biodegradable Fe-based alloys. *Mater. Sci. Eng. C* 33 (2013).

[3] Yusop A.H.M., Daud N.M., Nur H., et al.: Controlling the degradation kinetics of porous iron by poly(lactic-co-glycolic acid) infiltration for use as temporary medical implants. *Scientific Reports* 5 (2015).

NANOHYDROKSYAPATYTOWE POWŁOKI NA STOPIE TYTANU Ti6Al4V ZMODYFIKOWANE LASEREM Nd:YAG

Małdalena Jażdżewska^{1*}, Iwona Gałus, Monika Adamek

¹ Zespół Biomateriałów, Katedra Inżynierii Materiałowej i Spajania, Wydział Mechaniczny, Politechnika Gdańska, Gdańsk

* e-mail: magdalena.jazdzewska@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: stopy tytanu, nanohydroksyapatyt, obróbka laserowa, implanty

Obecnie prowadzone są badania nad wzrostem osteointegracji biomateriałów i jednocześnie zoptymalizowaniem ich właściwości mechanicznych. Implanty metalowe są używane w medycynie od bardzo dawna. Stosowane są głównie do regeneracji tkanek kostnych ze względu na ich odpowiednie właściwości mechaniczne. Implanty były zwykle projektowane jako porowate struktury, by ułatwić osteointegrację i dostosować wytrzymałość mechaniczną. W przypadku implantów ortopedycznych biokompatybilność i wytrzymałość mechaniczna są nadal problemem [1,2].

W celu poprawy osteointegracji, na stopie tytanu Ti6Al4V wytworzono powłokę nanohydroksyapatytową wykorzystując metodę osadzania elektroforetycznego, następnie zastosowano obróbkę laserową oraz porównawczo, obróbkę cieplną – spiekanie. Uzyskane powłoki badano za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego, nanoindentera oraz dyfraktometru rentgenowskiego. Analizowano topografię uzyskanych powłok wyznaczając parametr chropowatości S_a . Analiza składu fazowego XRD potwierdziła występowanie hydroksyapatytu. Badania wykazały, że powstała warstwa wierzchnia ma odpowiednie właściwości mechaniczne: m.in. moduł Young'a oraz twardość. Uzyskane wyniki potwierdziły przypuszczenia, iż powierzchnie próbek mają wyższe twardości od czystego, porowatego hydroksyapatytu, zwiększając jego odporność na ścieranie. Należy podkreślić, że są to wstępne badania, a dalsze prace skupią się na optymalizacji parametrów poszczególnych procesów.

Piśmiennictwo

[1] Yang D.H., Moon S.W., Lee D.W.: Surface modification of titanium with BMP-2/GDF-5 by a heparin linker and its efficacy as a dental implan. Int. J. Mol. Sc. (2017).

[2] Yang K., Zhou C., Fan H., et al.: Bio-functional design, application and trends in metallic biomaterials. International journal of molecular sciences (2017).

SPOSOBY MODYFIKACJI WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁÓW NA BAZIE POLIMERÓW NATURALNYCH POD KĄTEM ZASTOSOWANIA W INŻYNIERII TKANKOWEJ

**Beata Kaczmarek^{1*}, Kinga Nadolna¹, Agata Owczarek¹, Krzysztof Łukowicz², Oliwia Miłek²,
Anna Maria Osyczka²**

¹ Katedra Chemii Biomateriałów i Kosmetyków, Wydział Chemii,
Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń

² Zakład Biologii i Obrazowania Komórki, Instytut Zoologii i Badań Biomedycznych,
Uniwersytet Jagielloński, Kraków

* e-mail: beata.kaczmarek@umk.pl

Słowa kluczowe: *polimery naturalne, sieciowanie, biomateriały, inżynieria tkankowa*

Inżynieria tkankowa to dziedzina nauki w ramach której poszukiwane są funkcjonalne materiały, które mogą pełnić czasowo funkcję uszkodzonych tkanek lub narządów. Materiały te mogą być otrzymywane z tworzyw ceramicznych lub polimerowych. Powszechne zastosowanie do otrzymywania tego typu materiałów znalazły polimery naturalne ze względu na swoje właściwości, takie jak biokompatybilność, biodegradowalność oraz brak toksyczności. Wadą matryc otrzymanych na bazie polimerów naturalnych jest ich brak stabilność w środowisku wodnym oraz podatność na degradację. Niezbędne jest zatem prowadzenie procesu sieciowania, poprzez wykorzystanie grup funkcyjnych obecnych w strukturze polimerów, takich jak grupa aminowa czy karboksylowa.

W części eksperymentalnej badań jako środki sieciujące zaproponowano skrobię dialdehydową, kwas taninowy oraz mieszaninę EDC/NHS. Materiały usieciowane skrobią dialdehydową wykazały lepsze parametry mechaniczne, natomiast obecność kwasu taninowego polepszyła właściwości biologiczne skafoldów. Mieszanina EDC/NHS z kolei jest skuteczną metodą sieciowania biopolimerów, lecz żywotność komórek na tego typu materiałach była najmniejsza.

Przeprowadzone badania pozwoliły na wyznaczenie bezpiecznych metod sieciowania materiałów na bazie polimerów naturalnych.

Piśmiennictwo

- [1] Kaczmarek B., Sionkowska A., Osyczka A.M.: The comparison of physic-chemical properties of chitosan/collagen/hyaluronic acid composites with nano-hydroxyapatite cross-linked by dialdehyde starch and tannic acid. Polym. Test. 62 (2017) 171-176.
- [2] Kaczmarek B., Sionkowska A., Kozłowska J., Osyczka A.M.: New composite materials prepared by calcium phosphate precipitation in chitosan/collagen/hyaluronic acid sponge cross-linked by EDC/NHS. Int. J. Biol. Macromol. 107 (2018) 247-253.

SYNTEZA I CHARAKTERYSTYKA STRUKTURALNA NANOCERAMIKI HYDROKSYAPATYTOWEJ DOMIESZKOWANEJ NIOBEM

Wojciech Korzeniewski*, Agnieszka Witkowska

Katedra Fizyki Ciała Stałego, Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej
Politechnika Gdańska, Gdańsk

* e-mail: wojciech.korzeniewski@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: struktura, nanoceramika, mechano-chemiczna synteza, metoda zol-żel, HAp, niob

Ceramika hydroksyapatytowa (HAp) oparta na fosforanach wapnia uważana jest obecnie za jeden z najbardziej obiecujących materiałów implantacyjnych w chirurgii kostnej oraz w stomatologii. Wykazuje ona wyjątkową biokompatybilność, bioaktywność i osteokonduktywność, które są najbardziej pożądanymi cechami biomateriałów. Jednakże czysty HAp jest kruchy, ma niską wytrzymałość, wysoki stopień krystaliczności i niską rozpuszczalność w fizjologicznym pH. Dlatego wysiłek badawczy skupia się teraz głównie na opracowaniu skutecznej metody modyfikacji właściwości strukturalnych HAp, a co za tym idzie na poprawie jego właściwości fizyko-chemicznych. Jedną z nadal stosowanych strategii jest domieszkowanie HAp jonami metali [1]. HAp domieszkowany jonami niobu nie był dotąd szeroko badany. Doniesienia literaturowe [2] pokazują jednak, że syntetyzowane związki $\text{CaO-P}_2\text{O}_5\text{-Nb}_2\text{O}_5$ nadal wykazują dobrą biokompatybilność, bardzo niską cytotoksyczność i dodatkowo stymulują proces proliferacji osteoblastów.

Praca poświęcona jest analizie wpływu domieszki Nb na właściwości strukturalne HAp przygotowanego za pomocą syntezy mechano-chemicznej i metody zol-żel. Skład chemiczny otrzymanej bioceramiki, jej morfologię i strukturę scharakteryzowano wykorzystując skaningową mikroskopię elektronową, metodę BET, dyfrakcję rentgenowską, spektroskopię w podczerwieni i rentgenowską spektroskopię fotoelektronów. Wyniki wskazują, że otrzymano nanoceramikę niestechiometrycznego HAp z wyraźnym deficytem Ca na powierzchni ziaren. Ponadto, zaobserwowano wyraźny wpływ domieszki i metody syntezy domieszkowanej nanoceramiki na parametry komórki elementarnej, rozmiar krystalitów, porowatość i rozkład koncentracji Nb w strukturze ziaren.

Piśmiennictwo

[1] Adzila S., Murad M.C., Sopyan I.: Doping Metal into Calcium Phosphate Phase for Better Performance of Bone Implant Materials. *Recent Patents on Mater. Sci.* 5 (2012) 18-47.

[2] Capanema N.S.V., Mansur A.A.P., Carvalho S.M., et al.: Niobium-Doped Hydroxyapatite Bioceramics: Synthesis, Characterization and In Vitro Cytocompatibility. *Materials* 8 (2015) 4191-4209.

SPECYFIKA PROJEKTOWANIA CAD W IMPLANTOLOGII STOMATOLOGICZNEJ

Ewa Kozłowska

Katedra Inżynierii Materiałowej i Spajania, Wydział Mechaniczny, Politechnika Gdańska, Gdańsk
e-mail: ewa.kozłowska@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: CAD, implanty, stomatologia, Moodle

Projektowanie indywidualnych implantów stomatologicznych wymaga skutecznej wymiany informacji pomiędzy ekspertami na każdym etapie postępu prac. Wybór odpowiednich narzędzi wspomagających proces projektowania implantów przez inżynierów współpracujących z lekarzami wymaga zrozumienia wzajemnych potrzeb techniczno-medycznych oraz zapoznania się z cechami i parametrami obecnie dostępnych rozwiązań z podziałem na oprogramowanie przeznaczone do projektowania w środowisku CAD/CAM oraz takie, które umożliwi uporządkowane przechowywanie i udostępnianie materiałów, a także prowadzenie konsultacji on-line na poszczególnych etapach procesu projektowania [1]. W przypadku interdyscyplinarnego projektowania implantów konieczna jest konwersja obrazów diagnostycznych typu DICOM do formatów CAD. Istotne jest również modelowanie 3D, możliwość zobrazowania projektu w formie animacji i renderingu, a także dostęp do baz danych gotowych elementów znormalizowanych i danych materiałowych [1,2]. Organizacja darmowych warsztatów z kolaboratywnego projektowania CAD miała na celu wdrożenie nowoczesnego środowiska współpracy lekarzy i inżynierów opierającego się na wybranych programach [3]. W warsztatach brali udział m.in. studenci Wydziału Mechanicznego Politechniki Gdańskiej oraz studenci Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego z kierunku lekarsko-dentystycznego. Zainicjowana współpraca zaowocowała powstaniem mniejszych grup zadaniowych, w tym grupy pracującej nad projektem i doбором materiału na implanty stosowane w stomatologii i chirurgii szczękowo-twarzowej bazując na konkretnych przypadkach medycznych. Efektem było opracowanie algorytmu współpracy interdyscyplinarnej i stworzenie trójwymiarowego prototypu implantu żuchwy [1,3,4].

Piśmiennictwo

- [1] Kozłowska E.: Projektowanie urządzeń medycznych z wykorzystaniem informatycznych narzędzi współpracy inżynierów i lekarzy, Praca Dyplomowa Magisterska, Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny, 2017.
- [2] Mikołajewska E., Mikołajewski D.: Płaszczyzny współpracy specjalistów medycznych oraz inżynierów biomedycznych i biocybernetyków, Studia Medyczne 29 (2013) 121 – 128.
- [3] Grabowska A., Czaja A., Kozłowska E., et al.: MOOCs in SP4CE - case studies, 14th IEEE International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications, Slovakia, 2016.
- [4] Halman A., Etmńska D.: Projekt i dobór materiału na implant żuchwy po resekcji kości, Projekt Dyplomowy Inżynierski, Wydział Mechaniczny, Politechnika Gdańska, 2017.

FUNKCJONALNE MATERIAŁY ZAWIERAJĄCE MIKROCZĄSTKI W POLIMEROWYCH MATRYCACH DO KONTROLOWANEGO UWALNIANIA SUBSTANCJI AKTYWNYCH

Justyna Kozłowska*, Natalia Stachowiak, Weronika Prus-Walendziak, Agnieszka Muszyńska

Wydział Chemii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń

* e-mail: justynak@umk.pl

Słowa kluczowe: *enkapsulacja, mikrosfery, mikrokapsułki, chitozan, ekstrakt z kwiatów nagietka
lekarskiego, kolagen*

Mikrocząstki to polimerowe cząstki o rozmiarach od 1-1000 μm , wśród których wyróżnia się mikrosfery i mikrokapsułki. Mikrocząstki znalazły szerokie zastosowanie w farmacji, medycynie, jak również w przemyśle kosmetycznym. Leki i niektóre składniki kosmetyków wymagają uwzględnienia wielu czynników, które będą zapewniały im trwałość, bezpieczeństwo stosowania oraz wysoką skuteczność. Polimerowe mikrocząstki stopniowo uwalniają substancję aktywną w określonym miejscu i czasie, co przyczynia się do zmniejszenia częstotliwości aplikacji tej substancji, a także wydłużenia czasu jej działania [1,2].

Celem pracy jest otrzymanie i charakterystyka innowacyjnych materiałów zawierających chitozanowe mikrocząstki inkorporowane w matrycach polimerowych na bazie kolagenu i chitozanu. Mikrosfery otrzymano metodą ekstruzji, natomiast mikrokapsułki metodą emulsyjno-sieciującą. Matryce kolagenowo-chitozanowe wraz z zainkorporowanymi mikrocząstkami uzyskano metodą liofilizacji. Otrzymano mikrosfery o średnicy $\sim 400 \mu\text{m}$ oraz mikrokapsułki o średnicy $\sim 1000 \mu\text{m}$, zawierające ekstrakt z kwiatów nagietka lekarskiego. Matryce kolagenowo-chitozanowe z zainkorporowanymi mikrocząstkami mają porowatą strukturę oraz dużą zdolność pęcznienia. Substancja aktywna zawarta w mikrokapsułkach uwalniała się znacznie dłużej niż z mikrosfer. Otrzymane materiały mogą znaleźć zastosowanie w przemyśle kosmetycznym lub farmaceutycznym.

Podziękowania:

Badania finansowane z grantu NCN nr UMO-2016/21/D/ST8/01705.

Piśmiennictwo

- [1] Lam P.L., Gambari R.: Advanced progress of microencapsulation technologies: in vivo and in vitro models for studying oral and transdermal drug deliveries. *J Controlled Release* 178 (2014) 25–45.
- [2] Ye M., Kim S, Park K.: Issues in long-term protein delivery using biodegradable microparticles. *J Controlled Release* 146 (2010) 241-260.

WIELOFUNKCYJNY MATERIAŁ KOMPOZYTOWY O WŁAŚCIWOŚCIACH PRZECIWDROBNOUSTROJOWYCH I PROREGENERACYJNYCH DO ODBUDOWY TKANKI KOSTNEJ

**Agnieszka Kubiś^{1*}, Natalia Karska^{1,2}, Sławomir Lach¹, Franciszek Kasprzykowski¹,
Sylwia Rodziewicz-Motowidło¹**

¹ Wydział Chemii, Uniwersytet Gdański, Gdańsk

² Międzyuczelniany Wydział Biotechnologii UG i GUMed, Gdańsk

* e-mail: agnieszka.szczepanik@phdstud.ug.edu.pl

Słowa kluczowe: regeneracja kości, biomateriały, peptydy, bioszkieło

Uzdrowiająca reakcja na uszkodzenie kości charakteryzuje się nakładającymi się procesami biologicznymi: po uszkodzeniu tkanki, tworzy się krwiak i następuję odpowiedź zapalna umożliwiającą uwolnienie prozapalnych cytokin i czynników wzrostu, które inicjują proces gojenia się ran. Jednym z celów leczenia ubytku kości jest przywrócenie normalnej morfologii i funkcji dotkniętej chorobą struktury [1]. Zapotrzebowanie na przeszczepy kostne jest bardzo duże i stanowi drugą co do częstości wykonywaną procedurę po przeszczepach krwi [2]. Pomimo mnogości dostępnych biomateriałów do leczenia ubytków kostnych, wciąż brakuje na rynku biomateriału spełniającego wszystkie wymagania nowoczesnego bioimplantu, a tylko niewielka liczba osiągnęła zastosowanie kliniczne. Częstym problemem występującym przy stosowaniu biomateriałów jest powolna integracja oraz bardzo szybki wyrzut substancji aktywnej zawieszanej w implancie, przez co działają one krótkotrwale [3].

Celem projektu jest stworzenie biomateriału o właściwościach pro-regeneracyjnych, przeciwzapalnych i antybakteryjnych, którego rolą będzie wypełnienie ubytku kostnego oraz stworzenie rusztowania dla odtwarzających się komórek. Materiał będzie się składał z bioszkieła powlekanego polimerem, do którego przyłączone zostaną peptydy o właściwościach pro-regeneracyjnych, przeciwzapalnych i antybakteryjnych.

Podziękowania

Badania są finansowane z projektu pt.: „Wielofunkcyjny materiał kompozytowy o właściwościach przeciwdrobnoustrojowych i proregeneracyjnych do odbudowy tkanki kostnej”. Nr umowy TECHMATSTRATEG2/406384/7/NCBR/2019.

Piśmiennictwo

- [1] Chen R., Wang J., Liu C.: Biomaterials Act as Enhancers of Growth Factors, Adv. Funkt. Mater. 26 (2016) 8810–8823.
- [2] Chaparro O., Linero I.: Advanced Techniques in Bone Regeneration, wyd. InTech 2016.
- [3] Hench L., Polak J.: Third-Generation Biomedical Materials. Science 295 (2002) 1014-1017.

ZMODYFIKOWANE POWIERZCHNIOWO BIOMATERIAŁY METALOWE STOSOWANE W UKŁADZIE KOSTNYM

Julia Lisoń^{*1}, Marcin Basiaga²

¹ Studenckie Koło Naukowe Inżynierii Biomateriałów „SYNERGIA”, Zabrze

² Katedra Biomateriałów i Inżynierii Wyrobów Medycznych, Wydział Inżynierii Biomedycznej,
Politechnika Śląska, Zabrze

* e-mail: julialison96@gmail.com

Słowa kluczowe: warstwa ALD, stal 316LVM, własności elektrochemiczne

Techniki modyfikacji powierzchni odgrywają bardzo istotną rolę w kształtowaniu własności fizykochemicznych stali 316LVM przeznaczonej na implanty. Stosowane metody modyfikowania warstw wierzchnich muszą zapewniać powtarzalność i jednorodność ich właściwości fizycznych i chemicznych. Struktura i skład chemiczny warstwy implantów z stali 316LVM mogą być modyfikowane przy użyciu różnych metod, wśród których dominują metody PVD i zol-żel [1, 2]. Jednym z ważniejszych aspektów w odniesieniu do implantów jest zapewnienie im stałości cech geometrycznych na całej ich długości, czego wymienione modyfikacje nie są w stanie zapewnić. Dlatego też w tym kontekście najbardziej odpowiednią (bezkonkurencyjną) modyfikacją powierzchni jest nanoszenie warstw z wykorzystaniem metody ALD (Atomic Layer Deposition). Oprócz poprawy biokompatybilności istotnym zagadnieniem związanym z wytwarzaniem warstw jest również odpowiedni zespół ich własności mechanicznych. Dlatego też w pracy podjęto próbę oceny własności elektrochemicznych i mechanicznych naniesionych warstw ZnO na podłożu ze stali 316 LVM z wykorzystaniem metody ALD. W ramach oceny własności elektrochemicznych i mechanicznych tak powstałych warstw powierzchniowych przeprowadzono badania odporności na korozję wżerową, szczelinową, badania ultrananotwardości oraz adhezji warstw do podłoża metalowego (scratch test). Na podstawie uzyskanych danych stwierdzono zróżnicowane własności mechaniczne warstw ZnO w zależności od zastosowanej ilości cykli procesu wytwarzania. Uzyskana na tej podstawie wiedza ma znaczenie praktyczne dla zastosowania tego typu modyfikacji powierzchni dla różnych rodzajów zminiaturyzowanych implantów głównie stosowanych w układzie kostnym.

Piśmiennictwo

[1] Walke W., Paszenda Z., Pustelny T., et al.: Evaluation of physicochemical properties of SiO₂ - coated stainless steel after sterilization. *Mat. Sci. Eng. C* 63 (2016) 155–163.

[2] Szewczenko J., Basiaga M., Kiel-Jamrozik M., et al.: Corrosion resistance of the alloy Ti6Al7Nb after various surface modifications *Solid State Phenomena. Corrosion and Surface Engineering* 227 (2015) 483-486.

WĘGLOWE POWŁOKI NANORURKOWE MODYFIKOWANE LASEROWO NA POTRZEBY IMPLANTOLOGII

Beata Majkowska-Marzec¹, Patryk Tęczar², Monika Wiśniewska¹

¹ Zespół Biomateriałów, Katedra Inżynierii Materiałowej i Spajania, Wydział Mechaniczny, Politechnika Gdańska, Gdańsk

² Koło Naukowe 'Materiały w Medycynie', Politechnika Gdańska, Gdańsk

* e-mail: beata.majkowska@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: modyfikacja laserowa, powłoki węglowe, elektroforeza, nanoindentacja, korozja

Poszukiwanie jak najlepszych kombinacji właściwości materiałów na implanty wiąże się w dzisiejszym świecie nie tylko z badaniami nad nowymi stopami, ale przede wszystkim z modyfikacją ich warstwy wierzchniej. Zapewnienie im odpowiednich właściwości użytkowych jest dużym wyzwaniem. Połączenie bioaktywnych powłok węglowych czy ceramicznych z modyfikacją ich powierzchni, poprawiającą nośność protez metalowych wydaje się perspektywnym kierunkiem badań [1].

Główną grupę materiałów wykorzystywanych do produkcji implantów, zajmującą niemal 40% obecnego rynku biomateriałów stanowią tytan i jego stopy [2]. Pomimo swej popularności materiały te posiadają nieliczne, ale znaczące wady. Wśród nich należy wymienić m.in. niską aktywność biologiczną, wpływającą na ograniczenie obrastania tkanką włóknistą, przez co możliwe jest obluźowanie protezy, możliwość wystąpienia stanów zapalnych i reakcji alergicznych związanych z wystąpieniem metalozy oraz ścieranie się materiału podczas eksploatacji [1,2].

Zaproponowana modyfikacja laserowa stopu Ti13Nb13Zr z nanorurkową powłoką węglową ma na celu wyeliminowanie większości z tych problemów. Dzięki koncentracji dużej gęstości mocy na obrabianym materiale obserwowane są struktury odmienne od równowagowych poprawiające właściwości mechaniczne i antykorozyjne. Osadzona elektroforetycznie powłoka z nanorurek węglowych dodatkowo poprawia efekty obróbki laserowej poprzez większe umocnienie, twardość czy moduł Younga zbliżony do wymaganego, potwierdzone w badaniach nanoindentacji, a także wzrost odporności korozyjnej, badanej metodą polaryzacji potencjodynamicznej w roztworze Ringera dla odpowiednio dobranych parametrów modyfikacji.

Piśmiennictwo

[1] Suchanek K. et al.: Crystalline hydroxyapatite coatings synthesized under hydrothermal conditions on modified titanium substrates. *Materials Science and Engineering: C* 51 (2015) 57-63.

[2] Jin M. et al.: Enhanced bond strength and bioactivity of interconnected 3D TiO₂ nanoporous layer on titanium implants. *Surface and Coatings Technology* 304 (2016) 459-467.

WYTWARZANIE I CHARAKTERYZACJA CERAMICZNYCH WARSTW ZAWIERAJĄCYCH SREBRO LUB MIEDŹ NA BIOMEDYCZNYM STOPIE Ti6Al7Nb

Karolina Markiewicz*, Joanna Karbowniczek

Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława
Staszica, Kraków

* e-mail: karolinamarkiewicz97@gmail.com

Słowa kluczowe: stopy tytanu, srebro, miedź, własności antybakteryjne

Biomateriały metaliczne, takie jak stop tytanu Ti6Al7Nb, są powszechnie wykorzystywane w implantologii, min. na endoprotezy stawu biodrowego. Wpływa na to szereg korzystnych własności, takich jak: wysoka biotolerancja, doskonała odporność korozyjna, dobre własności mechaniczne [1]. Endoprotezoplastyka - zabieg wszczepienia sztucznego stawu, jest skutecznym medycznym rozwiązaniem w przypadku zaawansowanej osteoartrozy. Co roku na całym świecie wykonuje się kilka milionów takich operacji, ich wskaźnik sukcesu jest bardzo wysoki, jednak nadal poważną komplikacją są okołoperacyjne infekcje. W celu ograniczenia ryzyka infekcji możliwe są różne modyfikacje dostępnych implantów poprzez obróbkę powierzchniową i wytworzenie warstw zawierających antybiotyki lub związki o własnościach antybakteryjnych [2]. W ramach pracy badawczej wytworzono warstwy zawierające związki o własnościach antybakteryjnych, takie jak srebro czy miedź, na stopie Ti6Al7Nb za pomocą procesu elektrolityczno-plazmowego utleniania (ang. micro-arc oxidation MAO). W ramach optymalizacji procesu wytwarzania warstw stosowano różne czasy reakcji MAO, różne napięcia oraz elektrolity zawierające azotan srebra lub azotan miedzi. Mikrostrukturę, porowatość oraz rozkład pierwiastków w otrzymanych warstwach badano za pomocą skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM) oraz energodispersyjnej mikroanalizy rentgenowskiej (EDS). Otrzymane warstwy były zbudowane głównie z tlenków tytanu, fosforanów wapnia, dodatkowo potwierdzono lokalne występowanie związków srebra lub miedzi. Na powierzchni warstw występowały liczne otwarte pory, w zależności od zastosowanych parametrów procesu MAO ich średnice zawierały się w przedziale od 1 do 5 mikronów.

Podziękowania

Praca realizowana w ramach Grantu Rektorskiego nr 35/2019.

Piśmiennictwo

[1] Geetha M., Singh A.K., Asokamani R., et al.: Ti based biomaterials, the ultimate choice for orthopaedic implants – A review. *Progress in Materials Science* 54 (2009) 397-425.

[2] He X., Zhang X., Wang X., et al.: Review of antibacterial activity of titanium-based implants surfaces fabricated by micro-arc oxidation. *Coatings* 7 (2017) 1-22.

OCENA MIKROSKOPOWA I ELEKTROCHEMICZNA BIOMATERIAŁÓW SiO₂-Y₃O₃ OSADZONYCH NA STALI 316L PO EKSPOZYCJI W SBF

Anna Mazur-Nowacka*, Grzegorz Szymczuk, Jacek G. Chęcmanowski, Bogdan Szczygieł

Zakład Zaawansowanych Technologii Materiałowych, Wydział Chemiczny,
Politechnika Wroclawska, Wrocław

* e-mail: anna.mazur-nowacka@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe: *zol-żel, biomateriały, ceramika apatytowa, odporność korozyjna*

Materiały ceramiczne charakteryzuje najbardziej zbliżony skład chemiczny i fazowy do składu kości ludzkiej. Wpływa to na wysoką akceptację ceramiki przez organizm człowieka w porównaniu do metali czy tworzyw sztucznych. Materiały ceramiczne nie ulegają korozji w środowisku płynów ustrojowych, wpływają natomiast na polepszenie przyczepności między tkanką, a implantem, dzięki możliwości tworzenia apatytu [1].

Metodą zol-żel nanoszono trójwarstwowe powłoki SiO₂-Y₂O₃ na stali nierdzewnej 316L. Powłoki otrzymywano z zoli zawierających tetraetoksylan oraz azotan itru(III) jako prekursor. Stosowanym rozpuszczalnikiem był butanol, a kwasy azotowy(V) i octowy użyto jako katalizatory. Stężenie prekursorów względem rozpuszczalnika wynosiło 1:50. Zole osadzano stosując technikę zanurzeniową (dip coating). Obróbkę cieplną prowadzono w temperaturze 300°C przez 3 h. Otrzymane próbki ekspozycje 60 dni w roztworze SBF.

Grubość tlenkowych warstw mierzono przy wykorzystaniu mikroskopu skaningowego SEM/Ga-FIB firmy Helios NanoLab™ 600i. Pomiar chropowatości przeprowadzono na stykowym profilometrze 3D Dektak XT firmy Bruker. Mikrografie oraz mikroanalizie składu pierwiastkowego przeprowadzono wykorzystując skaningowy mikroskop elektronowy (SEM/EDS) firmy Quanta FEI 250. Badania elektrochemiczne prowadzono na potencjostacie SI 1286 firmy Schlumberger. W badaniach komórkowych (in vitro) zastosowano linię komórek osteoblastopodobnych MG-63, pozyskanych z linii komórkowej szczurów.

Otrzymane powłoki SiO₂-Y₂O₃ charakteryzowała niejednorodna i chropowata powierzchnia (R_a do ok.0,3; R_z do ok. 2,5), a ich grubość wynosiła od 10 do 600 nm. Obserwacje przekrojów próbek potwierdziły ciągłość cienkich warstw. Analiza składu chemicznego (EDS) wykazała obecność ceramiki apatytowej po 60 dniach ekspozycji, a w badaniach komórkowych potwierdzono wzrost proliferacji komórek żywych. Po ekspozycji w roztworze SBF R_p próbek zawierających Y₂O₃ wzrósł około 3-krotnie względem niepokrytego podłoża.

Piśmiennictwo

[1] Ballarre J., et al: Enhancing low cost stainless steel implants; bioactive silica bades sol-gel coatings with wollastonite particels. International Journal of Nano and Biomaterials 4 (2012) 33-53.

DEGRADACJA POWIERZCHNI IMPLANTÓW TYTANOWYCH

Agnieszka Ossowska

Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny, Katedra Inżynierii Materiałowej i Spajania, Gdańsk

e-mail: agnieszka.ossowska@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: stop tytanu, korozja, warstwa tlenku tytanu, pasywna, roztwarzanie warstwy

Organizm ludzki jest specyficznym i bardzo agresywnym środowiskiem [1], wpływają na to zawarte w płynach ustrojowych składniki, takie jak: rozpuszczony tlen, kationy (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), aniony (Cl^- , HPO_4^{2-} , HCO_3^-), wodne roztwory substancji organicznych. Wprowadzony do organizmu implant jest traktowany jak ciało obce, może wywoływać reakcje alergiczne, stany zapalne, które w konsekwencji mogą prowadzić do jego odrzucenia. Odporność korozyjna jest istotnym czynnikiem decydującym o przydatności metali w medycynie, ma również istotny związek ze zdolnością tworzenia na powierzchni ochronnej warstwy pasywnej skutecznie hamującej roztwarzanie anodowe materiału podłoża. Procesy korozyjne wpływają na zmiany struktury materiału implantowanego, osłabiają jego integralność, co może przyczynić się do powstania nieciągłości materiałowych i pęknięć. Stopy tytanu wykazują wysoki poziom odporności na działanie większości agresywnych środowisk. Warstwa tlenku tytanu jest odpowiedzialna za stabilność chemiczną w organizmie żywym [2], sprzyja osteointegracji [3], jest elementem wstrzymującym proces uwalniania jonów metali [4] i ich przemian w warunkach *in vitro*. Działanie mediów zawierających jony fluorkowe powoduje przerwanie ciągłości warstewki tlenkowej, a następnie uszkodzenie tytanu powstałe w wyniku wnikania jonów fluorkowych w warstwę tlenku, w konsekwencji zmniejszając jej właściwości ochronne. Komórki bezpośrednio kontaktujące się z odsłoniętą powierzchnią materiału, pobudzane są do intensywnego wydzielania mediatorów reakcji zapalnej, głównie neurofilii i makrofagów. Produkty korozji działają toksycznie na różnicowanie i proliferację komórek.

Piśmiennictwo

- [1] Ossowska A.: Wytwarzanie, budowa i właściwości warstw tlenkowych uzyskiwanych na stopach tytanu do zastosowań biomedycznych, Wyd. Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2017.
- [2] Agarwal A., Tyagi A., Ahuja A., et al.: Corrosion aspect of dental implants – an overview and literature review. *Open Journal of Stomatology* 4 (2014) 56–60.
- [3] Yang B., Uchida M., Kim H-M., et al.: Preparation of bioactive titanium metal via anodic oxidation treatment. *Biomaterials* 25 (2004) 1003–1010.
- [4] Przybyszewska-Doroś I., Okrój W., Walkowiak B.: Modyfikacje powierzchni implantów metalicznych. *Inżynieria Biomateriałów* 1-3 (2005) 54–62.

WYTWARZANIE I CHARAKTERYSTYKA POWŁOK CHITOZANOWYCH Z DODATKIEM NANOCZĄSTEK SREBRA

**Łukasz Pawłowski^{1*}, Michał Bartmański¹, Andrzej Zieliński¹, Gabriel Strugała¹,
Aleksandra Mielewczyk-Gryń²**

¹ Katedra Inżynierii Materiałowej i Spajania, Wydział Mechaniczny, Politechnika Gdańska, Gdańsk

² Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej, Politechnika Gdańska, Gdańsk

* e-mail: lukasz.pawlowski@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: chitozan, nanocząstki srebra, osadzanie elektroforetyczne, stop tytanu

Powierzchnię materiałów przeznaczonych na implanty modyfikuje się m.in. w celu poprawy ich biokompatybilności i zapewnienia ochrony przez bakteriami. Istotne jest zapewnienie długotrwałej ochrony przed kolonizacją bakteryjną, stąd intensywne prace nad wytworzeniem powłok, które w kontrolowany sposób będą uwalniały substancję leczniczą. Chitozan należy do grupy tzw. „inteligentnych” biopolimerów, reaguje bowiem na zmiany pH. Powłoki chitozanowe mogą zatem stanowić matrycę, która będzie uwalniała substancję leczniczą w momencie wystąpienia stanu zapalnego, co jest związane z obniżeniem wartości pH środowiska tkanek okołowszczepowych [1,2].

W ramach niniejszej pracy wytworzono metodą elektroforetyczną powłoki chitozanowe z nanocząstkami srebra na powierzchni stopu tytanu Ti-13Zr-13Nb, wcześniej anodowanej elektrochemicznie, by uzyskać warstwę tlenkową nanorurkową. Wytworzone nanorurki pokrywały całą powierzchnię próbek i były wysoce uporządkowane. Średnia średnica nanorurek wyniosła ok. 40 nm, natomiast ich długość – ok. 1 μm . Uzyskane powłoki kompozytowe charakteryzowały się dużą jednorodnością, nanocząstki srebra były dość równomiernie rozłożone w powłoce, jednak wykazywały tendencję do tworzenia aglomeratów o średnicy ok. 1 μm . Badania mechaniczne (nanoindentacja i test zarysowania) wykazały, iż powłoki charakteryzują się stosunkowo wysokimi wartościami parametrów takich jak: twardość i moduł Younga, ($1,24 \pm 0,16$) GPa i ($52,29 \pm 3,73$) GPa odpowiednio. Adhezja powłok do podłoża również była zadowalająca. Wartość średnia siły krytycznej powodującej całkowite usunięcie powłoki kompozytowej z podłoża wyniosła ($155,03 \pm 29,89$) mN.

Piśmiennictwo

[1] Bartmański M., Cieślik B., Głodowska J., et al.: Electrophoretic deposition (EPD) of nanohydroxyapatite – nanosilver coatings on Ti13Zr13Nb alloy. *Ceramics International* 43 (2017) 11820-11829.

[2] Gulati K., Ramakrishnan S., Atkins G.J., et al.: Biocompatible polymer coating of titania nanotube arrays for improved drug elution and osteoblast adhesion. *Acta Biomaterialia* 8 (2012) 449-456.

POROWATE POWŁOKI PEO WZBOGAONE W WAPŃ, MAGNEZ I CYNK OTRZYMANE W ELEKTROLITACH NA BAZIE KWASU FOSFOROWEGO(V)

Kornel Pietrzak¹, Krzysztof Rokosz¹, Tadeusz Hryniewicz¹, Katarzyna Tandecka¹, Steinar Raaen², Sofia Gaiaschi³, Patrick Chapon³, Winfried Malorny⁴, Dalibor Matýsek⁵

¹ Katedra Inżynierii Systemów Technicznych i Informatycznych, Wydział Mechaniczny,
Politechnika Koszalińska, Koszalin

² Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Physics Department, Trondheim, Norway

³ HORIBA FRANCE S.A.S., Palaiseau, France

⁴ Hochschule Wismar-University of Applied Sciences Technology, Business and Design,
Faculty of Engineering, Wismar, Germany

⁵ VŠB—Technical University of Ostrava, Institute of Geological Engineering,
Faculty of Mining and Geology, Ostrava, Czech Republic

* e-mail: kornel.pietrzak@s.tu.koszalin.pl

Słowa kluczowe: plazmowe utlenianie elektrolityczne, tytan, biomateriał, wapń, cynk, magnez

Porowate powłoki otrzymane na podłożu tytanowym w procesie plazmowego utleniania elektrolitycznego (PEO), które są wzbogacone w wapń, magnez, cynk i fosfor, mogą znaleźć zastosowanie między innymi w implantach ortopedycznych i dentystrycznych. Należy zaznaczyć, że magnez wbudowany w fosforanową strukturę wspomaga gojenie się ran pooperacyjnych, natomiast dodatek cynku ma działanie antybakteryjne. Do oceny uzyskanych powierzchni na powłok na podłożu tytanowym (Ti Grade 2) otrzymanych w elektrolitach na bazie na stężonego kwasu fosforowego(V) z dodatkami azotanów(V)wapnia, magnezu i cynku zastosowano skaningową mikroskopię elektronową (SEM), spektroskopię dyspersji energii promieniowania rentgenowskiego (EDS), dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego (XRD), optycznej spektroskopii emisyjnej w wyładowaniu jarzeniowym (GDEOS) oraz spektroskopii fotoelektronów promieniowania rentgenowskiego (XPS).

Przeprowadzone badania wskazują, że wzrost zastosowanego napięcia (500-650 V), jak również spadek czasu procesu PEO (1-5 min) skutkują wzrostem stosunków atomowych Ca/P, Mg/P i Zn/P w otrzymanych powłokach oraz wzrostem udziału fazy krystalicznej.

Podziękowania

Prezentowane wyniki powstały w ramach projektu dofinansowanego przez Grant OPUS 11 z Narodowego Centrum Nauki (NCN) o numerze rejestracyjnym 2016/21/B/ST8/01952, pod tytułem "Opracowanie modeli nowych porowatych powłok powstałych na tytanie z wykorzystaniem Plazmowego Utleniania Elektrochemicznego w elektrolitach zawierających kwas fosforowy oraz azotany wapnia, magnezu, miedzi i cynku".

CHEMICZNE ASPEKTY WYTWARZANIA IMPLANTÓW NOWEJ GENERACJI

Piotr Piszczek^{1,2*}, Aleksandra Radtke^{1,2}, Michalina Ehlert^{1,2}, Marlena Grodzicka^{1,2}, Waldemar Jędrzejczyk²

¹ Wydział Chemii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń

² Nano-implant Sp. z o.o., Toruń

* e-mail: piszczek@umk.pl

Słowa kluczowe: *bioaktywne powłoki TNT, stop Ti6Al4V, właściwości fizykochemiczne, właściwości mechaniczne*

Unikalne właściwości tytanu i jego stopów powodują, że materiały te są najczęściej stosowane w implantologii, a z uwagi na brak zamienników będą wykorzystywane również w przyszłości. Sukces związany z wszczepieniem implantu tytanowego do organizmu biorcy wiąże się jego zdolnością oraz zdolnością do zapobiegania tworzącym się stanom zapalnym. W naszych pracach skupiliśmy się na badaniach nad modyfikacją powierzchni podłoża tytanowych w celu uzyskania biozgodnej warstwy tlenkowej, o określonym składzie chemicznym, strukturze i nanoarchitekturze. W tym celu zastosowaliśmy metody elektrochemicznego utleniania powierzchni tytanu i jego stopów, a także utleniania z zastosowaniem roztworu H₂O₂ [1]. Poprawę właściwości biointegracyjnych wytwarzanych nanopowłok osiągnęliśmy wzbogacając ich powierzchnię nanocząstkami srebra lub hydroksyapatytu wykorzystując metody osadzania z fazy gazowej (CVD i ALD) [2]. Strukturę i morfologię wytwarzanych materiałów określono przy pomocy metod XRD, XPS oraz mikroskopii elektronowej. Otrzymane wyniki wskazują, że amorficzne powłoki nanorurek TiO₂ wytwarzane na powierzchni implantów tytanowych wykazują najlepsze właściwości zarówno biointegracyjne, jak i przeciwwzapalne. Wszelkie zmiany chemicznej i strukturalnej jednorodności wytwarzanych powłok powodują zmiany ich twardości i sprężystości, a także zwilżalności. Jednocześnie obserwowano wyraźnie pogarszanie się bioaktywności zmodyfikowanej powierzchni implantu, co ma istotne znaczenie dla budowy nowej generacji implantów kostnych.

Piśmiennictwo

[1] Radtke A.: 1D Titania Nanoarchitecture as Bioactive and Photoactive Coating for Modern Implants: a Review. Ed. Janus M., Application of Titanium Dioxide, InTech, Croatia 2017.

[2] Piszczek P., Radtke A.: Silver Nanoparticles Fabricated Using Chemical Vapor Deposition and Atomic Layer Deposition Techniques: Properties, Applications and Perspectives: Review. Ed. Seehra M.S., Bristow A.D., Noble and Precious Metals, IntechOpen, London UK 2018.

ANALIZA MATERIAŁOZNAWCZA DEIMPLANTOWANEGO ELEMENTU ENDOPROTEZY STAWU BIODROWEGO

Marta Płatek^{1*}, Agata Dudek², Jarosław Ucieklak³

¹ Instytut Inżynierii Materiałowej, Politechnika Łódzka, Łódź

² Politechnika Częstochowska, Częstochowa

³ Szpital Czerniakowski Sp. z o. o., Warszawa,

* e-mail: mgluszek06@gmail.com

Słowa kluczowe: endoprotezoplastyka stawu biodrowego, trzpień endoprotezy, rewizja,
stop Co-Cr-Mo

Pomimo postępu, jaki nastąpił w ostatnich latach w zakresie endoprotezoplastyk stawu biodrowego, jednym z nierozwiązanych do końca zagadnień pozostaje problem aseptycznych i septycznych obłuzowań elementów endoprotez. Dlatego stale trwają poszukiwania rozwiązań pozwalających zminimalizować ryzyko zapaleń okołoprotezowych i obłuzowań endoprotez. Przedmiotem badania był trzpień endoprotezy Mittelmeiera usunięty z powodu aseptycznego obłuzowania po 16 latach od wszczęcia. Przeprowadzono analizę strukturalną, wykorzystując mikroskop świetlny i skaningowy oraz zbadano skład chemiczny materiału, z którego wykonano implant. Dokonano również oceny stopnia degradacji jego powierzchni. Badania wykazały, iż trzpień implantu wykonany został ze stopu Co-Cr-Mo i posiada strukturę niejednorodnego austenitu. Analiza składu chemicznego porównana do pierwotnego składu tego trzpienia ujawniła, iż bezpośredni kontakt implantu z płynami ustrojowymi i żywą tkanką wpływa na zmianę ilościową poszczególnych pierwiastków. Mikroskopia skaningowa ujawniła na metalowym trzpieniu liczne wżery, pęknięcia oraz ubytki powstałe na skutek zużycia oraz korozji. Wykonane badania wykazały, że nie tylko implant osadzony w kości oddziałuje na okoliczne tkanki, ale zachodzą zmiany również w obrębie wszczępionego implantu. Na podstawie zebranych danych z Oddziału Chirurgii Urazowo-Ortopedycznej Szpitala Czerniakowskiego Sp. z o. o. w Warszawie wykonano ponadto analizę statystyczną przeprowadzonych endoprotezoplastyk pierwotnych i rewizyjnych oraz występujących powikłań, ze szczególnym uwzględnieniem obłuzowań elementów endoprotez, które wymagały operacji rewizyjnych.

WPŁYW RÓŻNEJ ZAWARTOŚCI ŻELATYNY NA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE, CHEMICZNE I BIOLOGICZNE HYDROŻELI ALGINIAN SODU/ŻELATYNA PRZEZNACZONYCH DO WYTWARZANIA METODAMI PRZYROSTOWYMI

Karolina Przybyszewska*, Dorota Bociąga, Mateusz Bartniak

Instytut Inżynierii Materiałowej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Łódzka, Łódź

* e-mail: karolina.prybyszewska@edu.p.lodz.pl

Słowa kluczowe: hydrożele, alginian sodu, żelatyna, biodruk, biodrukarka

Hydrożele definiowane są jako trójwymiarowe sieci polimerowe pochodzenia naturalnego lub syntetycznego [1]. Ze względu na swoje właściwości (w tym m.in. wysoką zdolność do absorbowania wody oraz płynów biologicznych oraz porowatość) w lepszym stopniu mogą symulować naturalne tkanki w porównaniu do innych biomateriałów [2]. Biokompatybilność i funkcjonalność hydrożeli umożliwia ich zastosowanie w leczeniu oraz zastępowaniu żywych tkanek i organów [1], w tym m.in. przy produkcji szeroko stosowanych opatrunków hydrożelowych [3] oraz soczewek [4]. Intensywny rozwój materiałów hydrożelowych nastąpił równocześnie z rozwojem metod biodruku pośredniego i bezpośredniego, co uwarunkowane jest szerokim spektrum właściwości tych materiałów oraz możliwością ich modyfikacji [5]. W ramach niniejszej pracy przeprowadzone zostały badania pozwalające ocenić wpływ zawartości żelatyny na właściwości hydrożeli przeznaczonych do wytwarzania biotuszy na potrzeby wydruków bezpośrednich. Hydrożele: alginian sodu oraz żelatynę i przygotowano przy stałej koncentracji alginianu sodu (2%) i zmiennej koncentracji żelatyny (6, 7, 8 i 9%). Hydrożele zostały scharakteryzowane pod względem odpowiedzi biologicznej oraz właściwości mechanicznych i chemicznych. Materiały o najlepszych właściwościach wytypowano do przeprowadzenia testów biodruku bezpośredniego na zbudowanej biodrukarkę w celu oceny przeżywalności komórek w trakcie i po procesie biodruku oraz drukowalności samego materiału.

Piśmiennictwo

- [1] Ullah F., Bisyrul M., Othman H., et al. *Materials Science and Engineering C* 57 (2015) 414-433.
- [2] Caló E., Khutoryanskiy V. V. *European Polymer Journal* 65 (2015) 252-267.
- [3] Azad A.K., Sermsintham N., Chandkrachang S., et al. *Journal of Biomedical Materials Research* 69 (2004) 216-222.
- [4] Alvarez-Lorenzo C., Anguiano-Igea S., Varela-García A., et al. *Acta Biomater.* 84 (2019) 49-62.
- [5] El-Sherbiny I.M., Yacoub M.H. *Global Cardiology Science and Practice* (2013) 316-42.

OPTYMALNA BIOLOGICZNIE ILOŚĆ NANOCZĄSTEK SREBRA NA ZMODYFIKOWANYCH POWIERZCHNIOWO IMPLANTACH ZE STOPU Ti6Al4V

Aleksandra Radtke^{1,2*}, Marlena Grodzicka^{1,2}, Piotr Piszczek^{1,2},

Alicja Sznarkowska³, Patrycja Golińska⁴, Tomasz Jędrzejewski⁴, Michał Bartmański⁵

¹ Wydział Chemii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń

² Nano-implant Sp. z o.o., Toruń

³ International Centre for Cancer Vaccine Science, Gdańsk

⁴ Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń

⁵ Katedra Inżynierii Materiałowej i Spajania, Wydział Mechaniczny, Politechnika Gdańska, Gdańsk

* e-mail: aradtke@umk.pl

Słowa kluczowe: powłoki nanoporowate TiO_2 , stop $Ti6Al4V$, nanocząstki srebra, aktywność biologiczna

Celem prac interdyscyplinarnego zespołu badawczego było zoptymalizowanie procesu wzbogacania powierzchni implantów ze stopu $Ti6Al4V$, zmodyfikowanych uprzednio poprzez wytworzenie na ich powierzchni warstw nanoporowatych i nanorurkowych (TNT), przez nanocząstki srebra o ściśle zdefiniowanej wielkości i kształcie. Do wzbogacenia powłok TNT wykorzystano metodę chemicznego osadzania z fazy gazowej (CVD) oraz prekursor srebra – $[Ag(OOCC_2F_5)(H_2O)_3]$ [1,2]. Uzyskane warstwy typu TNT/AgNPs poddano badaniom strukturalnym, morfologicznym, analizie potencjalnej cytotoksyczności oraz analizie właściwości mechanicznych. Szczególnie ważne dla potencjalnego zastosowania jako powłoki na implantach chirurgicznych były badania nad aktywnością biologiczną powłok: (a) ich biokompatybilnością i zdolnością do biointegracji badaną przy pomocy adhezji i proliferacji fibroblastów i osteoblastów oraz (b) ich mikrobiobójczością analizowaną w oparciu o zdolność do hamowania tworzenia biofilmu bakteryjnego [2]. Przeprowadzone badania pozwoliły uzyskać układ, który charakteryzował się optymalną biozgodnością i wysoką przeciwbakteryjnością.

Piśmiennictwo

[1] Radtke A., Grodzicka M., Ehlert M., et al.: Studies on Silver Ions Releasing Processes and Mechanical Properties of Surface-Modified Titanium Alloy Implants. *Int. J. Mol. Sci.* 19 (2018) 1-20.

[2] Radtke A., Grodzicka M., Ehlert M., et al.: To Be Microbiocidal and Not to Be Cytotoxic at the Same Time... — Silver Nanoparticles and Their Main Role on the Surface of Titanium Alloy Implants. *J. Clin. Med.* 8 (2019) 1-23.

WYTWARZANIE POROWATYCH POWŁOK NA PODŁOŻU TYTANOWYM W ELEKTROLITACH NA BAZIE STĘŻONEGO KWASU ORTOFOSFOROWEGO

Krzysztof Rokosz^{1*}, Tadeusz Hryniewicz¹, Katarzyna Tandecka¹, Steinar Raaen², Sofia Gaiaschi³, Patrick Chapon³, Winfried Malorny⁴, Dalibor Matýsek⁵, Łukasz Dudek¹, Kornel Pietrzak¹

¹ Katedra Inżynierii Systemów Technicznych i Informatycznych, Wydział Mechaniczny,
Politechnika Koszalińska, Koszalin

² Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Physics Department, Trondheim, Norway

³ HORIBA FRANCE S.A.S., Palaiseau, France

⁴ Hochschule Wismar-University of Applied Sciences Technology, Business and Design,
Faculty of Engineering, Wismar, Germany

⁵ VŠB—Technical University of Ostrava, Institute of Geological Engineering,
Faculty of Mining and Geology, Ostrava, Czech Republic

* e-mail: rokosz@tu.koszalin.pl

Słowa kluczowe: *plazmowe utlenianie elektrolityczne, implant, tytan, miedź, wapń, porowata powłoka*

Plazmowe utlenianie elektrolityczne jest elektrochemiczną obróbką anodową metali lekkich i ich stopów, na których jest możliwe wytworzenie ceramicznej i porowatej powłoki. Porowate powłoki wytworzone tą metodą na podłożu tytanowym w elektrolitach na bazie stężonego kwasu ortofosforowego (85% mas.) mogą być zastosowane zarówno w katalizatorach samochodowych, przemysłowych, czy też w biokompatybilnych i antybakteryjnych powierzchniach.

Na podstawie przeprowadzonych badań zauważono, że możliwość wbudowania się pierwiastków z roztworu z bloku s układu okresowego (wapń i magnez) jest większa niż z bloku d (cynk i miedź) w strukturę fosforanową, a wielkość różnic zależy głównie od zastosowanego napięcia procesu PEO. Odnotowano, że wzrost napięcia PEO wpływa na wzrost grubości powłok oraz zwiększanie się średnic powstających porów. Zauważono także, że zwiększanie czasu procesu PEO skutkuje nieznacznym spadkiem zawartości w powłoce pierwiastków pochodzących z elektrolitu. Natomiast zwiększenie napięcia procesu PEO skutkuje zwiększeniem ilości wbudowanych pierwiastków z elektrolitu do powłoki oraz wzrostem jej grubości.

Podziękowania

Prezentowane wyniki powstały w ramach projektu dofinansowanego przez Grant OPUS 11 z Narodowego Centrum Nauki (NCN) o numerze rejestracyjnym 2016/21/B/ST8/01952, pod tytułem "Opracowanie modeli nowych porowatych powłok powstałych na tytanie z wykorzystaniem Plazmowego Utleniania Elektrochemicznego w elektrolitach zawierających kwas fosforowy oraz azotany wapnia, magnezu, miedzi i cynku".

UTLENIANIE ANODOWE IMPLANTÓW TYTANOWYCH: OD LABORATORIUM DO PRZEMYSŁU

Wojciech Simka^{1,2}

¹ Wydział Chemiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

² Osteoplast Research and Development sp. z o.o., Dębica

e-mail: wojciech.simka@polsl.pl

Słowa kluczowe: implant tytanowy, utlenianie elektrochemiczne, plazmowe utlenianie elektrolityczne

Metoda utleniania anodowego pozwala na otrzymanie dobrze przylegających do podłoża homogenicznych i jednorodnych warstwek tlenkowych, które w trakcie tego procesu mogą zostać wzbogacone w biozgodne pierwiastki, np. wapń, fosfor i krzem. Sposób utleniania anodowego tytanu można podzielić na dwa rodzaje. Pierwszym z nich jest utlenianie przy napięciu niższym od napięcia przebicia warstewki tlenkowej, prowadzące do homogenizacji naturalnej warstewki tlenku i zmiany jej struktury krystalicznej. Drugim natomiast jest utlenianie wysokonapięciowe, w którym stosuje się napięcie większe od napięcia przebicia warstewki tlenkowej – plazma electrolytic oxidation (PEO), micro-arc oxidation (MAO). Ten rodzaj utleniania anodowego prowadzi do utworzenia dużej liczby mikroporów na powierzchni utlenianego metalu. Podczas obróbki drugiego typu jony lub cząstki stałe zawarte w roztworze mogą penetrować warstewkę tlenkową podczas zjawiska wyładowania jarzeniowego (przebijania warstewki tlenkowej) na powierzchni próbki. Temperatura w obszarach takiego wyładowania może dochodzić nawet do kilku tysięcy °C, co prowadzi lokalnie do odparowania roztworu i krystalizacji zawartych w nim składników i następnie zabudowania ich w warstewce tlenkowej. Podczas wyładowania jarzeniowego dochodzi do szeregu zjawisk fizyko-chemicznych, reakcji termochemicznych, a także nadtopienia tworzącej się warstwy ceramicznej. Uzyskana w trakcie PEO ceramiczna warstewka tlenkowa charakteryzuje się na ogół trójwarstwową strukturą. Właściwości fizykochemiczne warstewki tlenkowej na tytanie, takie jak jej grubość, morfologia, skład chemiczny i fazowy, mogą być stosunkowo łatwo regulowane przez zastosowanie odpowiedniego elektrolitu, gęstości prądu i napięcia utleniania anodowego oraz czasu procesu. Prowadzenie procesu PEO tytanu lub jego stopów w roztworze zawierającym związki wapnia, fosforu i krzemu prowadzi do wbudowania tych pierwiastków w warstewkę tlenkową. Wprowadzenie fosforu i wapnia w warstewkę tlenkową umożliwia tworzenie się na niej fosforanów wapnia, które są głównym składnikiem budulcowym kości. Proces plazmowego utleniania elektrochemicznego pozwala na wytworzenie warstw tlenkowych na implantach o skomplikowanych kształtach. Bardzo dobrze nadaje się do modyfikacji implantów dentystycznych, śrub, wydruków 3D, a także implantów dla zwierząt.

Podziękowania

Pracę sfinansowano ze środków NCBiR jako projekt badawczy nr POIR.01.01.02-00-0022/16 pt. „Opracowanie technologii i uruchomienie produkcji innowacyjnych implantów stomatologicznych o zwiększonych właściwościach osteoinduktywnych”.

WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE MEZOPOROWATYCH MATERIAŁÓW KRZEMIONKOWYCH POWLECZONYCH POLIMERAMI

Adrianna Skwira*, Adrian Szewczyk, Magdalena Prokopowicz

Katedra i Zakład Chemii Fizycznej, Gdański Uniwersytet Medyczny, Gdańsk

* e-mail: adrianna.skwira@gumed.edu.pl

Słowa kluczowe: *polidimetylosiloksan, materiały krzemionkowe, nośniki substancji leczniczej*

Mezoporowate materiały krzemionkowe (MMK) jako nośniki substancji leczniczej o przeznaczeniu implantacyjnym do tkanki kostnej [1] charakteryzują się niekorzystnym, początkowym wysokim wyrzutem substancji leczniczej. Jednym ze sposobów modyfikacji uwalniania substancji leczniczej z nośników, koniecznej w przypadku długotrwałej terapii np. *Osteomyelitis*, jest metoda powlekania polimerami [2]. W prezentowanym projekcie MMK poddano powleczeniu mieszaniną złożoną z etylocelulozy (EC) i polidimetylosiloksanu (PDMS) a następnie dokonano oceny wpływu zawartości PDMS na właściwości fizykochemiczne otrzymanych układów. Sporządzono trzy formułacje o różnych stosunkach ilościowych polidimetylosiloksanu i etylocelulozy (EC): (PDMS:EC – 0:1 (F1), 1:4 (F2), 1:2 (F3)), które posłużyły jako mieszaniny powlekające dla zeszytowanego metodą zol-żel mezoporowatego materiału krzemionkowego z zaadsorbowaną ciprofloksacyną. Otrzymane formułacje poddano analizie FTIR, analizie powierzchni za pomocą profilometru optycznego oraz SEM, a także przeprowadzono badanie dostępności farmaceutycznej z wykorzystaniem spektrofotometrii UV-Vis. Na podstawie badania struktury powierzchni najniższe wartości parametrów chropowatości stwierdzono dla formułacji F1 (PDMS:EC – 0:1), natomiast najwyższe dla formułacji F3 (PDMS:EC – 1:2). Badanie uwalniania wykazało zmniejszenie początkowego wyrzutu substancji leczniczej dla wszystkich formułacji, przy czym najniższe stężenia uwolnionego antybiotyku obserwowano dla formułacji o najwyższej zawartości PDMS (F3). Wykazano istnienie zależności pomiędzy zawartością PDMS w mieszaninie powlekającej a strukturą powierzchni oraz profilem uwalniania substancji leczniczej. Wraz ze wzrostem udziału PDMS obserwowano zwiększenie chropowatości powierzchni oraz zmniejszenie początkowego wyrzutu substancji leczniczej.

Piśmiennictwo

[1] Prokopowicz M., Czarnobaj K., Szewczyk A., et al.: Preparation and in vitro characterisation of bioactive mesoporous silica microparticles for drug delivery applications. *Mat. Sci. Eng. C* 60 (2016) 7-18.

[2] Santos A., Sinn A.M., Bariana M., et al.: Drug-releasing implants: Current progress, challenges and perspectives. *Journal of Materials Chemistry B* 2 (2014) 6157-6182.

BADANIE PASYWNOŚCI NOWYCH STOPOWYCH STALI AUSTENITYCZNYCH

Grzegorz Sołecki*, Krzysztof Rokosz

Katedra Inżynierii Systemów Technicznych i Informatycznych, Wydział Mechaniczny, Politechnika
Koszalińska, Koszalin

* e-mail: grzegorz.solecki.sg@gmail.com

Słowa kluczowe: *pasywność, stale austenityczne, polerowanie elektrochemiczne, odporność
korozyjna*

Polerowanie elektrochemiczne jest procesem wykończeniowym powierzchni pozwalającym na poprawę odporności korozyjnej powierzchni metalowych. Jest to niezwykle istotne w przypadku elementów narażonych na działanie agresywnego środowiska. W niniejszej pracy zaprezentowano wyniki badań potencjodynamicznych dla stali austenitycznych P556, P576, A220, A975, zarówno po obróbce mechanicznej jak i elektrochemicznej. Obróbkę mechaniczną prowadzono, z użyciem papierów ściernych SiC o gradacjach 120, 320, 1000, na mokro. Do polerowania elektrochemicznego wykorzystano stanowisko wyposażone w katodę wykonaną ze stali AISI 304L oraz system kontroli temperatury elektrolitu. Polerowanie elektrochemiczne prowadzono przy gęstości prądu na poziomie 500 mA/cm^2 w temperaturze 60°C , czasie 4 min w komercyjnie wykorzystywanym roztworze Poligrat E269. Badania odporności korozyjnej detali stalowych prowadzono metodą potencjodynamiczną w natlenianych roztworach których pH mieściło się w przedziale od 4 do 10, natomiast zawartość jonów Cl^- mieściła się w zakresie od 10000 do 80000 ppm. Dodatkowo jako podsumowanie prezentowanych danych zaproponowano model matematyczny ujmujący odporność korozyjną wybranych stali w funkcji łączącej zawartości jonów chlorkowych w środowisku wodnym oraz jego pH.

KOMPOZYTY REGENERUJĄCE TKANKĘ KOSTNĄ NA BAZIE MEZOPOROWATEJ KRZEMIONKI Z SUBSTANCJĄ LECZNICZĄ I FOSFORANEM WAPNIA

Adrian Szewczyk^{*}, Adrianna Skwira, Magdalena Prokopowicz

Katedra i Zakład Chemii Fizycznej, Wydział Farmaceutyczny,
Gdański Uniwersytet Medyczny, Gdańsk

* e-mail: adrian.szewczyk@gumed.edu.pl

Słowa kluczowe: *mezoporowata krzemionka, fosforan wapnia, hydroksyapatyty, kompozyty, granulaty*

Zapalenie kości i szpiku (*osteomyelitis*) wywołane infekcją bakteryjną zalicza się do jednostek chorobowych trudnych do zdiagnozowania i leczenia. Przewlekłe zapalenie kości i szpiku występuje u osób dorosłych najczęściej na skutek otwartego uszkodzenia kości lub po wstawieniu implantu. Leczenie bakteryjnych zakażeń kości obejmuje chirurgiczne usunięcie chorej tkanki kostnej i długoterminową antybiotykoterapię [1]. W związku z tym potencjał aplikacyjny w leczeniu bakteryjnych zakażeń kości mają biomateriały dwufunkcyjne, które oprócz kontrolowanego uwalniania substancji czynnej, wspomagają także procesy regeneracyjne kości [2].

W niniejszej pracy prezentujemy kompozyty otrzymane w postaci sferycznych granul (peletek) na bazie mezoporowatej krzemionki z substancją leczniczą i fosforanem wapnia. Kompozyty na bazie mezoporowatej krzemionki i fosforanu wapnia zsyntezowano w formie proszków metodą żol-żel. Substancję leczniczą wprowadzono do kompozytów metodą adsorpcji ze stężonego roztworu – wybrano cefazolinę sodową jako modelowy antybiotyk stosowany w farmakoterapii *osteomyelitis*. Sferyczne granulaty na bazie kompozytów krzemionkowo-fosforanowych z cefazoliną otrzymano metodą granulacji na mokro, ekstruzji i sferonizacji z użyciem substancji pomocniczych: celulozy mikrokrystalicznej oraz etylocelulozy.

Otrzymane sferyczne granulaty charakteryzowały się zadawalającymi właściwościami mechanicznymi, co umożliwiło przeprowadzanie dalszych badań – dostępności farmaceutycznej oraz potencjału mineralizacyjnego. Całkowity profil uwalniania cefazoliny wynosił 12 godzin i charakteryzował się spowolnionym wyrzutem dawki początkowej. Po 60 dniach inkubacji w płynie symulującym ludzkie osocze, na powierzchni granulatów zaobserwowano warstwę hydroksyapatytową o składzie i morfologii zbliżonej do apatytu kostnego.

Piśmiennictwo

[1] Birt M.C., Anderson D.W., Bruce Toby E., et al.: Osteomyelitis: Recent advances in pathophysiology and therapeutic strategies. *J. Orthop.* 14 (2017) 45–52.

[2] Szewczyk A., Prokopowicz M.: Amino-modified mesoporous silica SBA-15 as bifunctional drug delivery system for cefazolin: Release profile and mineralization potential. *Mater. Lett.* 227 (2018) 136–140.

HEMODYNAMICZNA ANALIZA PRZEPŁYWU KRWI W NACZYNIU ZE STENTEM PRZY WYKORZYSTANIU METODY PIV

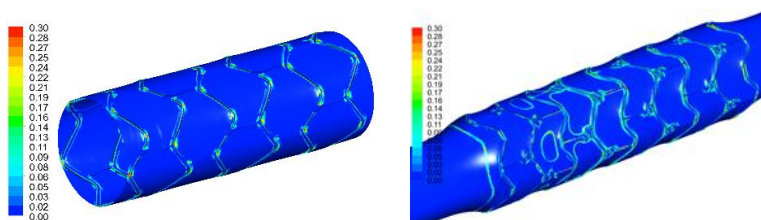
Michał Tomaszewski*, **Jerzy Małachowski***

Wydział Mechaniczny, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa

* e-mail: michal.tomaszewski@wat.edu.pl, jerzy.malachowski@wat.edu.pl

Słowa kluczowe: *stent naczyniowy, analiza przepływu, CFD, PIV, OSI, Ansys Fluent*

Ciągły rozwój metod wytwarzania oraz materiałów, z których projektuje się stenty (protezy naczyniowe) [1], przyczynia się do znacznej poprawy ich działania w organizmie. Wiele badań wskazuje, że restenoza powstaje w wyniku działania czynników hemodynamicznych związanych z przepływem krwi [2]. Dzięki komputerowej mechanice płynów możliwe jest sprawdzenie jak geometria stentu wpływa na charakter przepływu. Najlepszym rozwiązaniem z punktu widzenia prowadzonych obecnie badań jest połączenie metod numerycznych oraz badań eksperymentalnych. W pracy zaprezentowano wyniki obliczeń numerycznych dla dwóch konstrukcji stentów naczyniowych oraz rezultaty uzyskane podczas badań eksperymentalnych przy wykorzystaniu metody PIV (ang. Particle Image Velocimetry). Analizy zostały prowadzone przy wykorzystaniu oprogramowania Ansys Fluent. Zarówno w badaniach eksperymentalnych, jak i numerycznych, wykorzystano zmienne w czasie charakterystyki przepływu oraz ciśnienia. Analizowano parametry hemodynamiczne takie jak: rozkład OSI (ang. *oscillatory shear index*) oraz RRT (ang. *relative residence time*). Na podstawie Rys. 1 widać, że stent o zwiększonej średnicy w stosunku do normalnego przekroju tętnicy stwarza większe ryzyko wystąpienia rejonów cechujących się wysokimi wartościami OSI, czyli powstawaniem rejonów o zmiennym naprężeniu stycznym mogącym powodować zjawisko przerostu neointymy.



Rys. 1. Rozkład OSI dla dwóch konstrukcji stentu

Piśmiennictwo

- [1] Bukala J., Kwiatkowski P., Małachowski J.: Numerical analysis of crimping and inflation process of balloon expandable coronary stent using implicit solution. *International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering* 33 (2017) 1-11.
- [2] Petrovic D., Peterlin B.: Genetic markers of restenosis after coronary angioplasty and after stent implantation. *Med. Sci. Monit.* 11 (2005) 586 – 594.

BADANIE WŁAŚCIWOŚCI POWIERZCHNI STOPU Ti-13Zr-13Nb MODYFIKOWANEJ NANORURKAMI TiO₂ I NANOCZĄSTKAMI Cu

Julia J. Weber^{1*}, Tomasz Szwangruber¹, Michał Bartmański²

¹ Koło Naukowe 'Materiały w Medycynie', Politechnika Gdańska, Gdańsk

² Katedra Inżynierii Materiałowej i Spajania, Wydział Mechaniczny, Politechnika Gdańska, Gdańsk

* e-mail: julia.weber7@gmail.com

Słowa kluczowe: utlenianie elektrochemiczne, nanocząstki, ditlenek tytanu, nanorurki, stop tytanu

Tytan i jego stopy są obecnie uznane za materiały wykazujące najwyższą biotolerancję spośród wszystkich biomateriałów metalicznych, jednak ich właściwości nie są wystarczające do wykorzystania ich na wszczepy długotrwałe, w związku z czym stosuje się dla nich obróbkę powierzchniową [1,2]. Zbadano wpływ poszczególnych modyfikacji na zmianę właściwości warstw tlenkowych wytworzonych na podłożu ze stopu Ti-13Zr-13Nb oraz określono ich wpływ na adaptację materiału w organizmie. Próbki ze stopu Ti-13Zr-13Nb wyszlifowano i poddano utlenianiu anodowemu w elektrolicie 1 M H₃PO₄ + 0,05% HF, przy parametrach pozwalających na wytworzenie warstwy nanorurek TiO₂. Następnie na próbki aplikowano zawiesinę nanocząstek Cu w ilości 0.05 lub 0.1 g na 100 ml alkoholu etylowego i wygrzewano w piecu próżniowym w temperaturze 400^o C, przez czas 120 min i chłodzono z piecem. Po obróbce próbki poddano badaniom morfologii powierzchni, grubości i składu chemicznego za pomocą SEM z detektorem EDS, wykonano także topografię AFM, badanie kąta zwilżania, badanie nanoindentacji, nanoscratch-test, a dla próbek z nanocząstkami przeprowadzono badanie szybkości ich uwalniania w roztworze sztucznej śliny. Porównując otrzymane dane stwierdzono istnienie zależności konkurencyjnej pomiędzy wzrostem bioaktywności i adhezji warstwy do podłoża a pożądanym obniżeniem właściwości mechanicznych i wzrostem bakteriobójczości.

Podziękowania

Badania były realizowane w ramach projektu dyplomowego inżynierskiego pod promotorstwem dr hab. inż. Beaty Świczko-Żurek, prof. nadzw. PG.

Piśmiennictwo

[1] Ossowska A.: Wytwarzanie, budowa i właściwości warstw tlenkowych uzyskiwanych na stopach tytanu do zastosowań biomedycznych, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2017.

[2] Jurczyk M., Jakubowicz J.: Bionanomateriały. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2008.

BIOAKTYWNY CEMENT KOSTNY DOMIESZKOWANY NANOCZĄSTKAMI SREBRA

Marcin Wekwejt^{1*}, Niko Moritz^{2,3}, Anna Maria Osyczka⁴, Anna Pałubicka⁵, Andrzej Zieliński¹

¹ Zespół Biomateriałów, Katedra Inżynierii Materiałowej i Spajania,
Wydział Mechaniczny, Politechnika Gdańska, Gdańsk

² Biomedical Engineering Research Group, University of Turku

³ Turku Clinical Biomaterial Centre, Turku, Finland

⁴ Instytut Zoologii i Badań Biomedycznych, Wydział Biologii, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

⁵ Zakład Mikrobiologii, Szpital w Kościerzynie i Katedra Chirurgii Onkologicznej,
Gdański Uniwersytet Medyczny, Gdańsk

* e-mail: marcin.wekwejt@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: *cement kostny, cytotoksyczność, AgNPs, wł. biomechaniczne, infekcje*

Cementy kostne na bazie PMMA znajdują bardzo szerokie zastosowanie w medycynie, w szczególności do wypełniania ubytków kostnych, stabilizacji skomplikowanych złamań czy mocowania endoprotez. Ze względu na ryzyko infekcji pooperacyjnej coraz częściej rutynowo są domieszkowane antybiotykami (głównie gentamycyną). Jednakże modyfikacja ta z jednej strony osłabia właściwości biomechaniczne cementów, natomiast z drugiej nie jest w pełni efektywna w aspekcie zwalczania bakterii. Stąd obecnie poszukuje się innych rozwiązań, które zapewnią ochronę bakteriobójczą bez pogarszania biofunkcyjności cementu.

W przeprowadzonych badaniach komercyjnie dostępny cement kostny CEMEX (TECRES, Włochy) został domieszkowany nanocząstkami srebra (1.0-1.5 wt%, 50 nm, MkNano, USA). Przeprowadzono trzy typy interdyscyplinarnych badań: 1) badania cytotoksyczności - ocena przeżywalności komórek macierzystych miazgi zębowej (DPSC) po 4 dniach inkubacji ze zmodyfikowanymi cementami, 2) badania właściwości bakteriobójczych – ocena stopnia adhezji bakterii do powierzchni zmodyfikowanych cementów po 14 dniach inkubacji w roztworze bakterieryjnym, 3) badania biomechaniczne – ocena twardości oraz wytrzymałości na ściskanie i zginanie zmodyfikowanych cementów kostnych. Uzyskane wyniki pozwoliły na potwierdzenie efektywności domieszkowania nanosrebrem cementu kostnego w aspekcie zapewnienia właściwości bakteriobójczych przy zachowaniu odpowiedniej biogodności i braku negatywnego wpływu na jego właściwości biomechaniczne.

Piśmiennictwo

[1] Wekwejt M., Moritz N., Pałubicka A., et al.: Biomechanical testing of bioactive bone cements – a comparison of the impact of modifiers: antibiotics and nanometals. *Polymer Testing* 70 (2018).

[2] Wekwejt M., Michno A., Łukowicz K., et al.: Biocompatibility tested on blood and stem cells, and antibacterial properties against some bacteria and biofilm appearance for bone cement implemented with antibiotic, nanosilver and nanocopper. /w trakcie recenzji/.

BADANIE PROCESÓW PRZYROSTOWEGO WYTWORZENIA POWŁOK NA PODŁOŻU Z NIOBU O ROZWIĄTEJ STRUKTURZE STEREOMETRYCZNEJ

**Agnieszka Włodarkiewicz^{1*}, Krzysztof Rokosz¹, Tadeusz Hryniewicz¹, Katarzyna Tandecka¹,
Steinar Raaen², Sofia Gaiaschi³, Patrick Chapon³, Winfried Malorny⁴, Dalibor Matýsek⁵**

¹ Katedra Inżynierii Systemów Technicznych i Informatycznych, Wydział Mechaniczny,
Politechnika Koszalińska, Koszalin,

² Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Physics Department, Trondheim, Norway

³ HORIBA FRANCE S.A.S., Palaiseau, France

⁴ Hochschule Wismar-University of Applied Sciences Technology, Business and Design,
Faculty of Engineering, Wismar, Germany

⁵ VŠB—Technical University of Ostrava, Institute of Geological Engineering,
Faculty of Mining and Geology, Ostrava, Czech Republic

* e-mail: agnieszka.wlodarkiewicz@apsl.edu.pl

Słowa kluczowe: niob, elektrolityczne utlenianie plazmowe (PEO), powłoka porowata, rentgenowska
spektroskopia fotoelektronów (XPS)

Plazmowe Utlenianie Elektrolityczne (PEO, ang. *plasma electrolytic oxidation*) jest techniką, w wyniku której na powierzchni niobu otrzymuje się grube, twarde i dobrze związane z podłożem warstwy ceramiczne. Jest to metoda elektrolityczna, której efektem jest wytwarzanie zwykle porowatej powłoki o charakterze ceramicznym. Przyłożone napięcie zawiera się najczęściej w zakresie od 100 do 600 V, czyli znacznie przekracza napięcie stosowane w klasycznej anodyzacji. Przyłożenie tak wysokiego napięcia powoduje powstawanie na powierzchni metalu wyładowań, które w rzeczywistości są mikrołukami elektrycznymi wymuszającymi zajście reakcji chemicznych prowadzących do powstania nowej warstwy. Powłoki otrzymane tą metodą mają wiele zalet, m.in.: wysoką odporność na korozję, wysoką twardość, możliwość uzyskania grubych powłok (nawet 200 μm), odporność na zużycie, dobrą przyczepność do podłoża, możliwość zmiany właściwości powłoki w szerokim zakresie przez kontrolę parametrów procesu, stosunkowo prosty proces produkcyjny. Należy zaznaczyć, że dobry stosunek wytrzymałości do masy metali lekkich i ich stopów przekłada się na wiele zastosowań tego typu materiałów w następujących sektorach przemysłu: motoryzacyjnym, lotniczym, kosmicznym, morskim, tekstylnym, elektronicznym, do produkcji a także jako katalizatory i w implantologii.

W ramach prezentowanych badań utworzone zostały powłoki metodą PEO na podłożu z czystego niobu zawierające wapń. Wytworzone powłoki poddano badaniom XPS oraz GDOES. Celem badań było określenie możliwości implementacji jonów Ca^{2+} do wytwarzanej powłoki metodą PEO, określenie jej składu chemicznego, stopnia utlenienia poszczególnych pierwiastków wchodzących w jej skład, a także określenie profili głębokościowych poszczególnych pierwiastków badanej powłoki.

PROFILAKTYKA I „PROCEDURY RATUNKOWE” W IMPLANTOPROTETYCE

Andrzej Wojtowicz¹, Rafał Wojda², Krzysztof Wilk², Paweł Aleksandrowicz³

¹ Zakład Chirurgii Stomatologicznej, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Warszawa

² Zakład Propedeutyki i Profilaktyki Stomatologicznej, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Warszawa

³ Zakład Otolaryngologii, Uniwersytet Medyczny w Lublinie, Lubin

* e-mail: andrzej.wojtowicz@wum.edu.pl

Słowa kluczowe: *atrofia szczęk, niepowodzenie leczenia implantologicznego, powierzchnia implantu, T-Scan - cyfrowa kontrola okluzji*

Leczenie implantologiczne jest metodą znaną od przeszło 50 lat, stosowaną standardowo w następstwie utraty zębów. Rozwój technologiczny pozwolił na stworzenie wielu różnych kształtów i powierzchni implantów (np.: powierzchnie maszynowe, piaskowane, wytrawiane), w celu zwiększenia kontaktu z kością. Ostatnie wyniki wieloletnich badań wykazały konieczność zweryfikowania stosowanych do tej pory powierzchni zakładając, iż powinny być one dedykowane do różnych przedziałów tkankowych : błona śluzowa – okostna, korowa kość zbita, kość gąbczasta – szpik. W sytuacjach przewlekłego zapalenia tkanek wokół implantów prowadzącego często do ich utraty, dochodzi w konsekwencji do znacznego zaniku tkanki kostnej, z atrofią szczęk włącznie. Z braku możliwości ponownej implantacji lekarze i pacjenci zmuszeni są do zastosowania alternatywnych – ratunkowych metod, takich jak: implanty podokostnowe – ramowe, implanty w systemie all-on-four czy implanty zygomatyczne, które to metody wydają się być ostatecznymi. Ten rodzaj rehabilitacji protetycznej wymaga zastosowania wielu urządzeń dla osiągnięcia celu, jakim jest odtworzenie – nie tylko estetyki - ale przede wszystkim prawidłowej funkcji i mechaniki narządu żucia. W wykładzie przedstawione zostaną przypadki kliniczne konstrukcyjnych rozwiązań implantoprotetycznych, jak również nowoczesne urządzenia do diagnostyki i oceny prawidłowości wykonanych uzupełnień protetycznych (CBCT, Ostell, T- Scan) dla polepszenia rokowania leczenia.

Piśmiennictwo

[1] Wojtowicz A.: Biologicznie aktywne proteiny (ludzkie rekombinowane czynniki wzrostowe). Elsevier Urban&Partner, 2013.

[2] Wojtowicz A., Jodko M., Perek J., et al.: Post-cystectomies maxillary bone reconstruction using pre-osteoblasts cultured *in vitro*. Esthetics in Implantology – Dominiak M., Gedrange T. (2013).

[3] Wojtowicz A., Perek J., Jodko M., et al.: Pre - osteoblasts cultured *in vitro* on allograft and applied in bone post - cystectomy defect. Clinical Oral Implants Research 24 (2013) 215-216.

WŁAŚCIWOŚCI IMPLANTÓW WYTWARZANYCH Z TECHNICZNIE CZYSTEGO TYTANU METODĄ SELEKTYWNEGO TOPIENIA LASEROWEGO

Bartłomiej Wysocki^{1,2*}, Piotr Maj¹, Joanna Idaszek¹, Karol Szlązak^{1,2}, Agnieszka Chmielewska^{1,2},

Wojciech Świąszkowski¹

¹ Wydział Inżynierii Materiałowej, Politechnika Warszawska, Warszawa

² Materialscare Sp. z o.o., Białystok

* e-mail: bartlomiej.wysocki@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: *selektywne topienie laserowe, tytan, mikrostruktura, implanty, umocnienie roztworowe*

Głównym celem pracy jest wykazanie możliwości wytwarzania metodą selektywnego topienia laserowego (ang. Selective Laser Melting – SLM) implantów z technicznie czystego tytanu gatunku 2 o właściwościach wytrzymałościowych zbliżonych do powszechnie stosowanego w medycynie stopu Ti-6Al-4V (gatunek 5). Jest to szczególnie istotne z medycznego punktu widzenia ze względu na możliwość wyeliminowania z materiału cytotoksycznego dodatku wanadu oraz genotoksycznego aluminium. Niniejsza praca przedstawia wyniki charakteryzacji mikrostruktury, właściwości mechanicznych i odpowiedzi komórkowej technicznie czystego tytanu (gatunek 2) przetwarzanego metodą selektywnego topienia laserowego w regulowanej atmosferze z dodatkiem tlenu (0,2 – 0,4 % obj.) w celu poprawy właściwości mechanicznych materiału.

Wytworzone obiekty posiadały gęstość teoretyczną bliską gęstości teoretycznej tytanu (~99.0%) przy zawartości tlenu 0.27-0.50 % wag. Obserwacje przeprowadzone za pomocą mikroskopii optycznej i skaningowej wykazały pewne wady mikrostruktury typowe dla metody SLM. Wytworzony materiał posiadał wytrzymałość na rozciąganie w zakresie 690-830 MPa oraz 640-740 MPa odpowiednio dla mikropłatek wyciętych w płaszczyźnie XY oraz XZ. Otrzymane wartości przewyższają wytrzymałość wielu konwencjonalnie wytwarzanych stopów tytanu oraz są bliskie wytrzymałości stopu Ti-6Al-4V. Moduł Younga struktur komórkowych wynosił 42,7 GPa oraz 13,3 GPa odpowiednio dla nie czyszczonych oraz czyszczonych chemicznie obiektów. Uzyskane wartości modułu Younga są bliskie wartości modułu Younga dla ludzkiej kości. Obserwacje na mikroskopie konfokalnym wykazały, że odpowiedź komórkowa może być w pewnym stopniu kontrolowana poprzez kontrolę porowatości. Ponadto czyszczenie chemiczne nie wpływa negatywnie na adhezję i różnicowanie komórek, a czyszczone chemicznie struktury komórkowe wykazują dwa razy większy stopień zasiedlenia osteoblastami pochodzącymi ze sferoidów komórkowych. Mikrotomografia komputerowa potwierdziła, że czyszczenie chemiczne umożliwia przywrócenie wytwarzanym metodą SLM obiektom wymiarów zaprojektowanych w modelu CAD.

Otrzymane wyniki przedstawiają nowatorskie możliwości wykorzystania metody selektywnego topienia laserowego do wytwarzania implantów tytanowych o sżywności i architekturze wewnętrznej zbliżonych do kości.

POWIERZCHNIE MIĘDZYUKŁADOWE IMPLANT-KOŚĆ: PROJEKTOWANIE, MODYFIKOWANIE I ZMIANY PO IMPLANTACJI

Andrzej Zieliński

Zespół Biomateriałów, Katedra Inżynierii Materiałowej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Gdańska,
Gdańsk
e-mail: azielins@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: *powierzchnie międzyukładowe, implanty, wytwarzanie addytywne, modyfikacja powierzchniowa, powłoki*

Powierzchnie międzyukładowe (*interfaces*) implant-kość decydują o stabilizacji wtórnej implantu lub jego odrzuceniu [1]. Ich stan zależy od charakterystyki powierzchni, rodzaju i właściwościach warstw i powłok. Celem prezentowanych badań była taka zmiana powierzchni międzyfazowych, aby implanty tytanowe były długotrwałe i niezawodne.

Materiałem do badań w Zespole Biomateriałów był stop Ti13Zr13Nb w formie litej lub jako materiał porowaty (skafold), także po powierzchniowej obróbce laserowej. Badania objęły wytwarzanie warstw tlenkowych nanorurkowych, warstw z nanorurek węglowych, powłok nanohydroksyapatytowych, w tym ze srebrem i miedzią, powłok chitozanowych, warstw diamentowych z powłoką hydroksyapatytową, cementów kostnych, a następnie charakteryzację ich mikrostruktury, właściwości fizycznych, chemicznych, mechanicznych i biologicznych.

Otrzymane wyniki [2] wskazały, że istnieje możliwość modyfikacji powierzchniowej stopów tytanu do przewidywanych zastosowań. Otrzymane warstwy i powłoki są biokompatybilne, chronią przed korozją, są bioaktywne i często antybakteryjne. Są stosunkowo cienkie i dobrze przylegają do podłoża, co powoduje zmniejszenie ryzyka ich nadmiernej degradacji w trakcie zabiegu chirurgicznego.

Pierwszy wniosek końcowy z wykonanych w Zespole Biomateriałów badań to konieczność dalszych prac w kierunku przede wszystkim stworzenia jednolitego typu powłoki kompozytowej o silnej adhezji, niewielkiej grubości, powłoki inteligentnej domieszkowanej nanosrebrem i potrafiącej je uwalniać zależnie od pojawiania się infekcji w organizmie. Drugi wniosek to celowość ochrony intelektualnej otrzymanych rozwiązań i ich aplikacja, przede wszystkim na implanty stomatologiczne hybrydowe oraz na implanty skokowe o zwiększonym ryzyku zużycia ściernego powierzchni implantu.

Piśmiennictwo

- [1] Rychly J., Nebe B.: Interface Biology of Implants. Cell Adhesion and Migration 3 (2009) 390-394.
[2] Zieliński A., Serbiński W., Seramak T., et al.: Innowacyjne technologie kształtowania właściwości materiałów konstrukcyjnych i biomedycznych., wyd. Polit. Gdańskiej, Gdańsk 2018.

BIOKOMPOZYTY OPARTE O β -DIORTOFOSFORAN TRIWAPNIA ORAZ POLILAKTYD, JAKO POTENCJALNE MATERIAŁY DO TERANOSTYKI

Jan A. Zienkiewicz^{1*}, Adam W. Strzęp¹, Dawid Jędrzkiewicz², Nicole Nowak, Justyna Rewak-Soroczyńska³, Adam Watras¹, Jolanta Ejfler², Rafał Jakub Wiglus^{1*}

¹ Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych im. Włodzimierza Trzebiatowskiego, Polska Akademia Nauk, Wrocław

² Wydział Chemii, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław

³ Instytut Genetyki i Mikrobiologii, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław

* e-mail: j.zienkiewicz@intibs.pl, r.wiglusz@intibs.pl

Słowa kluczowe: biokompozyty, teranostyka, apatyty, polilaktyd, lantanowce

Teranostyka to nowe rozwiązanie w podejściu do badań biomedycznych, umożliwiające jednocześnie wykrywanie i leczenie chorób [1,2]. Materiały wykorzystywane w tego rodzaju badaniach odznaczają się zazwyczaj następującymi cechami: a) nie oddziałujące z tkanką (materiały inertne); b) oddziałujące z tkanką (materiały bioaktywne) oraz c) wspomagające regenerację tkanek (materiały biomimetyczne) [3]. W przedstawionej pracy wytworzono materiał kompozytowy przeznaczony do zastosowań w diagnostyce i terapii biomedycznej (teranostyce). Biokompozyt otrzymano został w oparciu o β -ortodifosforan(V) triwapnia (β -TCP) współdomieszkowany jonami Ce^{3+} i Pr^{3+} oraz poli(L-laktyd) z precyzyjnie zaprojektowaną długością łańcucha, z wykorzystaniem biokatalizatorów. Otrzymany materiał został scharakteryzowany od strony strukturalnej (XRD), spektroskopowej (spektroskopia emisyjna, kinetyka luminescencji, EDX) i morfologicznej (SEM). Wykonane zostały również badania *in vitro* cytotoksyczności (test MTT) względem linii komórkowej chondrocytów oraz hemolizy czerwonych krwinek. W przedstawionej pracy otrzymano nowe biokompozyty o sprecyzowanych właściwościach bio-fizyko-chemicznych. Właściwości luminescencyjne uzyskanego biokompozytu są analogiczne jak dla β -ortodifosforanu(V) triwapnia współdomieszkowanego jonami Ce^{3+} i Pr^{3+} . Co więcej, zaobserwowano intensywne przejście ${}^3P_0 \rightarrow {}^3F_2$, dla długości fali $\lambda = 650$ nm, w tzw. pierwszym oknie biologicznym – istotne w przypadku bioobrazowania medycznego. Otrzymane materiały nie wykazują cytotoksyczności oraz nie powodują hemolizy czerwonych krwinek, co wskazuje na ich potencjał do zastosowań biomedycznych.

Piśmiennictwo

- [1] Zarrin A., Sadighian S., Rostamizadeh K., et al.: Design, preparation, and in vitro characterization of a trimodally-targeted nanomagnetic onco-theranostic system for cancer diagnosis and therapy. *Int. J. Pharm.* 500 (2016) 62–76.
- [2] Wang J., Cui H. *Theranostics* 6 (2016) 1274-1276.
- [3] Hench L., Polak J.M.: *Third-Generation Biomedical Materials*. *Science* 29 (2002) 1014-1017



WWW.MECH.PG.EDU.PL/KONFERENCJA-IMPLANTY

PARTNERZY I SPONSORZY:



&



PATRONI HONOROWI:



PATRONI MEDIALNI:

