

ENGINEERING OF BIOMATERIALS

I N Ż Y N I E R I A B I O M A T E R I A Ł Ó W

JOURNAL OF POLISH SOCIETY FOR BIOMATERIALS AND FACULTY OF MATERIALS SCIENCE AND CERAMICS AGH-UST
CZASOPISMO POLSKIEGO STOWARZYSZENIA BIOMATERIAŁÓW I WYDZIAŁU INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ I CERAMIKI AGH

Number 121

Numer 121

Volume XVI

Rok XVI

OCTOBER 2013

PAŹDZIERNIK 2013

ISSN 1429-7248

PUBLISHER:

WYDAWCA:

**Polish Society
for Biomaterials
in Krakow**

Polskie
Stowarzyszenie
Biomateriałów
w Krakowie

**EDITORIAL
COMMITTEE:**

KOMITET

REDAKCYJNY:

Editor-in-Chief

Redaktor naczelny
Jan Chłopek

Editor

Redaktor

Elżbieta Pamuła

Secretary of editorial

Sekretarz redakcji

Design

Projekt

Katarzyna Trała

Augustyn Powroźnik

ADDRESS OF

EDITORIAL OFFICE:

ADRES REDAKCJI:

AGH-UST

30/A3, Mickiewicz Av.

30-059 Krakow, Poland

Akademia

Górnictwo-Hutnicza

al. Mickiewicza 30/A-3

30-059 Kraków

Issue: 250 copies

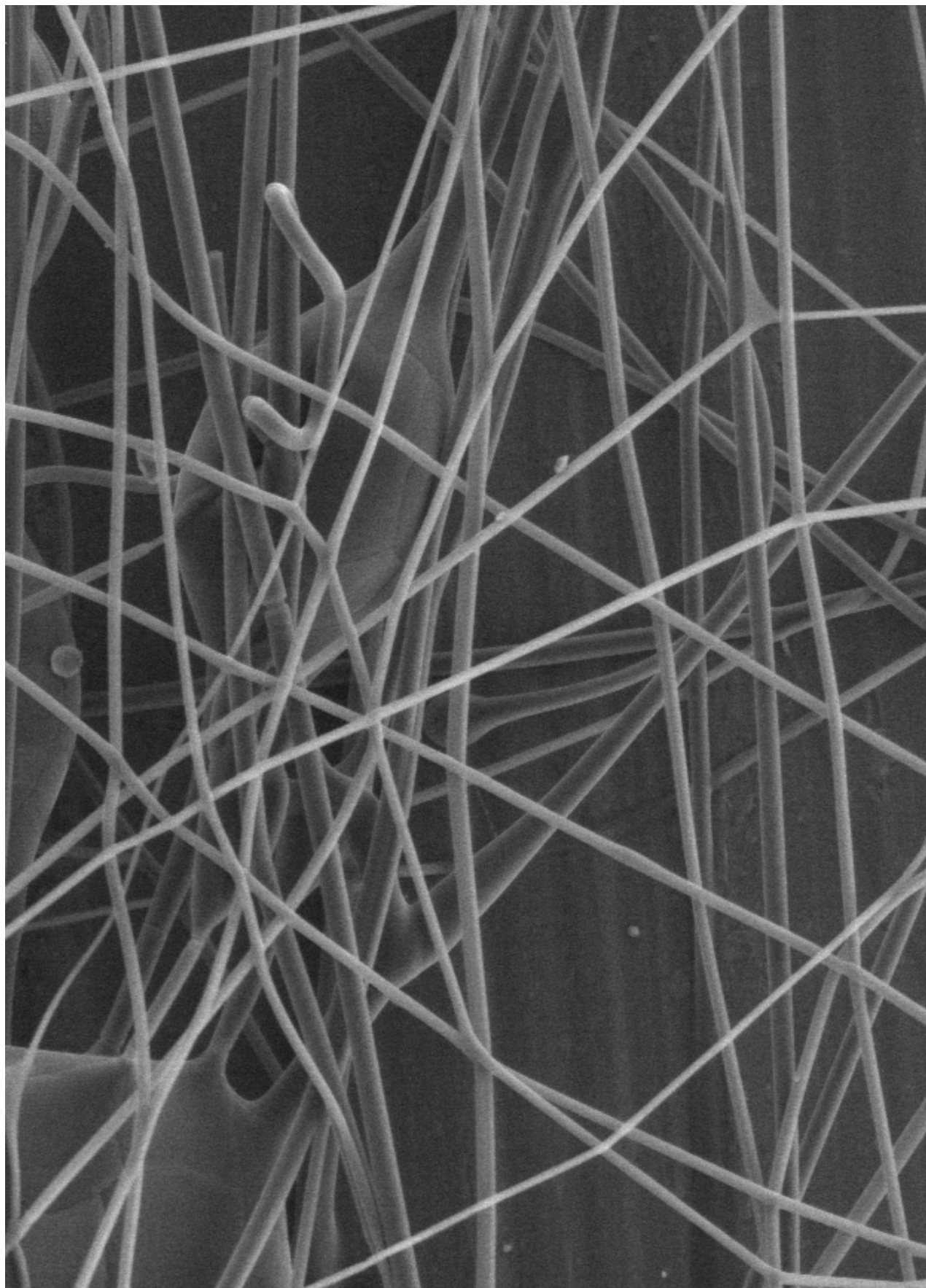
Nakład: 250 egz.

**Scientific Publishing
House AKAPIT**

Wydawnictwo Naukowe

AKAPIT

e-mail: wn@akapit.krakow.pl



SPIS TREŚCI

NEEDLE-PUNCHED FIBROUS POLYCAPROLACTONE
SCAFFOLD FOR BONE TISSUE ENGINEERING
IZABELLA RAJZER, JOANNA GRZYBOWSKA-PIETRAS,
JANUSZ FABIA, EWA SARNA **2**

BADANIA MIKROSKOPOWE NANOWŁÓKNISTYCH
STRUKTUR Z POLILAKTYDU I ŻELATYNY JAKO
POTENCJALNYCH BIOMATERIAŁÓW
DLA MEDYCYNY REGENERACYJNEJ
ANNA MAGIERA, STANISŁAW BŁĄŻEWICZ **6**

OCENA ODLEWÓW STOPU NIKLU W KONTEKŚCIE
ICH PRZYDATNOŚCI PO ZASTOSOWANIU
PROTETYCZNEGO ZŁOMU POPRODUKCYJNEGO
KAROLINA BEER-LECH, KRZYSZTOF PAŁKA,
JANUSZ BOROWICZ **13**

CHARAKTERYSTYKA PORÓWNAWCZA
PORCELAN NISKOTOPLIWYCH STOSOWANYCH W
TYTANOWYCH POŁĄCZENIACH DLA STOMATOLOGII
MAŁGORZATA LUBAS, MONIKA GŁĘBICKA,
ZBIGNIEW BALAGA, Cezary KOLAN,
JÓZEF JASIŃSKI, LEOPOLD JEZIORSKI **19**

MATERIAŁY POLIMEROWE I WĘGLOWE W ASPEKCIE
ZASTOSOWANIA JAKO MATERIAŁ KONSTRUKCYJNY
DYSKU POLSKIEJ MECHANICZNEJ ZASTAWKI
SERCA - OCENA WYBRANYCH WŁASNOŚCI
FIZYCZNYCH I BIOLOGICZNYCH
AGNIESZKA SZUBER, MAGDALENA KOŚCIELNIAK-ZIEMNIAK,
KAROLINA JANICZAK, MACIEJ GŁOWACKI, MACIEJ GAWLIKOWSKI,
ROMAN KUSTOSZ, MAŁGORZATA GONSIOR, PIOTR WILCZEK,
STANISŁAW DUBER, WITOLD KACZOROWSKI,
PIOTR NIEDZIELSKI, JACEK GRABARCZYK, WITOLD WALKE **25**

POROWATE KOMPOZYTY POLIURETAN/ β -TCP
DO ZASTOSOWAŃ ORTOPEDYCZNYCH
PIOTR SZCZEPAŃCZYK, KRZYSZTOF PIETRZYGA,
KINGA PIELICHOWSKA, JAN CHŁOPEK **33**

SYNTEZA ENZYMATYCZNA MULTIBLOKOWEGO
KOPOLIMERU POLI(BURSZTYNIANU BUTYLENU-
CO-GLIKOLU ETYLENOWEGO) (PBS-EG)
KATALIZOWANA LIPAZĄ B ZE SZCZEPU
CANDIDA ANTARCTICA
BOGUSŁAWA GRADZIK, MIROŚŁAWA EL FRAY **42**

CONTENTS

NEEDLE-PUNCHED FIBROUS POLYCAPROLACTONE
SCAFFOLD FOR BONE TISSUE ENGINEERING
IZABELLA RAJZER, JOANNA GRZYBOWSKA-PIETRAS,
JANUSZ FABIA, EWA SARNA **2**

MICROSCOPIC STUDY OF NANOFIBROUS
STRUCTURES OF POLYLACTIDE AND GELATINE
AS POTENTIAL BIOMATERIALS FOR
REGENERATIVE MEDICINE
ANNA MAGIERA, STANISŁAW BŁĄŻEWICZ **6**

EVALUATION OF NICKEL ALLOY CASTINGS IN
THE CONTEXT OF THEIR RELEVANCE TO THE USE
OF POST-PRODUCTION SCRAP APPLICATION
KAROLINA BEER-LECH, KRZYSZTOF PAŁKA,
JANUSZ BOROWICZ **13**

COMPARISON BETWEEN LOW-MELTING
PORCELAIN USED IN TITANIUM
FRAMEWORKS IN DENTISTRY
MAŁGORZATA LUBAS, MONIKA GŁĘBICKA,
ZBIGNIEW BALAGA, Cezary KOLAN,
JÓZEF JASIŃSKI, LEOPOLD JEZIORSKI **19**

POLYMERIC AND CARBON MATERIALS
APPLIED IN THE CONSTRUCTION
OF POLISH MECHANICAL VALVE DISK
- EVALUATION OF SELECTED PHYSICAL
AND BIOLOGICAL PROPERTIES
AGNIESZKA SZUBER, MAGDALENA KOŚCIELNIAK-ZIEMNIAK,
KAROLINA JANICZAK, MACIEJ GŁOWACKI, MACIEJ GAWLIKOWSKI,
ROMAN KUSTOSZ, MAŁGORZATA GONSIOR, PIOTR WILCZEK,
STANISŁAW DUBER, WITOLD KACZOROWSKI,
PIOTR NIEDZIELSKI, JACEK GRABARCZYK, WITOLD WALKE **25**

POROUS COMPOSITES POLYURETHANE/ β -TCP
FOR ORTHOPAEDIC APPLICATIONS
PIOTR SZCZEPAŃCZYK, KRZYSZTOF PIETRZYGA,
KINGA PIELICHOWSKA, JAN CHŁOPEK **33**

ENZYMATIC SYNTHESIS OF POLY(BUTYLENE
SUCCINATE-CO-ETHYLENE GLYCOL)
MULTIBLOCK COPOLYMER (PBS-EG)
CATALYZED BY LIPASE B FROM
CANDIDA ANTARCTICA
BOGUSŁAWA GRADZIK, MIROŚŁAWA EL FRAY **42**

WERSJA PAPIEROWA CZASOPISMA „ENGINEERING OF BIOMATERIALS / INŻYNIERIA BIOMATERIAŁÓW” JEST JEGO WERSJĄ PIERWOTNĄ
PRINTED VERSION OF „ENGINEERING OF BIOMATERIALS / INŻYNIERIA BIOMATERIAŁÓW” IS A PRIMARY VERSION OF THE JOURNAL

WYDANIE DOFINANSOWANE PRZEZ MINISTRA NAUKI I SZKOLNICTWA WYŻSZEGO

EDITION FINANCED BY THE MINISTER OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION

NEEDLE-PUNCHED FIBROUS POLYCAPROLACTONE SCAFFOLD FOR BONE TISSUE ENGINEERING

IZABELLA RAJZER^{1*}, JOANNA GRZYBOWSKA-PIETRAS²,
JANUSZ FABIA², EWA SARNA²

ATH, UNIVERSITY OF BIELSKO-BIALA,
2 WILLOWA STR., 43-309 BIELSKO-BIALA, POLAND:

¹ DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING FUNDAMENTALS,
DIVISION OF MATERIALS ENGINEERING,

² FACULTY OF MATERIALS AND ENVIRONMENTAL SCIENCES,
INSTITUTE OF TEXTILE ENGINEERING AND POLYMER SCIENCE

* E-MAIL: IRAJZER@ATH.BIELSKO.PL

Abstract

In the present work a three dimensional composite scaffolds for bone tissue engineering were created by a carding and needle-punch processes. Highly porous nonwoven fabrics were obtained from PCL and PCL/n-HAp cut fibers without the use of any chemicals during the manufacturing process. The properties of nonwoven scaffolds were examined by SEM, FTIR, DSC and TGA methods. The average pore diameter as well as the pore size distribution of nonwoven fabrics were measured by a capillary flow porometry. The obtained results suggest that needle-punching method can be used to produce highly porous microstructures with an interconnected pore network.

Keywords: needle-punched nonwovens, scaffold, hydroxyapatite, poly(ϵ -caprolactone)

[Engineering of Biomaterials 121 (2013) 2-5]

BADANIA MIKROSKOPOWE NANOWŁÓKNISTYCH STRUKTUR Z POLILAKTYDU I ŻELATYNY JAKO POTENCJALNYCH BIOMATERIAŁÓW DLA MEDYCYNY REGENERACYJNEJ

ANNA MAGIERA*, STANISŁAW BŁĄŻEWICZ

AGH AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA,
WYDZIAŁ INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ I CERAMIKI,
KATEDRA BIOMATERIAŁÓW,
AL. A. MICKIEWICZA 30, 30-059 KRAKÓW
* E-MAIL: ASOCHA@AGH.EDU.PL

Streszczenie

W wyniku procesu elektroformowania (ang. electrospinning, ES) otrzymywana jest włóknista forma polimeru. W wyniku modyfikacji polimerowego prekursora poprzez dodatek nanomodifikatorów możliwe staje się uzyskanie włókien nanokompozytowych. Jednoczesne elektroformowanie (ang. concurrent electrospinning, co-ES), stanowiące modyfikację standardowej techniki ES, umożliwia wytworzenie nowej grupy materiałów, np. powłok zbudowanych z różnorodnych komponentów, włóknistych struktur przestrzennych na rusztowania komórkowe, materiałów gradientowych o różnym udziale składnika włóknistego, włóknistych zbrojeń w technologii nanokompozytów i wielu innych.

Celem niniejszej pracy było opracowanie warunków formowania nanowłókien z PLA i GEL. Badania te stanowią pierwszy etap pracy, której celem jest opracowanie warunków jednoczesnego elektroformowania kompozytowej struktury PLA/GEL. W ramach omawianej pracy otrzymano oddzielnie włókna polimerowe z PLA lub żelatyny. W tym celu przeprowadzono proces elektroformowania z wykorzystaniem układu doświadczalnego zaprojektowanego i skonstruowanego w Katedrze Biomateriałów, AGH. Włókniste osady w formie maty były zbierane na uziemionym, obracającym się kolektorze pokrytym folią aluminiową. Otrzymane materiały były badane przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego (ang. scanning electron microscope, SEM). Podczas badania uzyskanych włókien polimerowych wyznaczono ich średnice oraz analizowano ich morfologię. Średnice uzyskanych włókien z PLA zawierają się w przedziale 0,8-2,0 μm, natomiast włókien żelatynowych w przedziale 0,3-0,6 μm. Uzyskane wartości charakteryzowały się niewielkim zróżnicowaniem i zależały od warunków eksperymentalnych procesu elektroformowania.

Przedstawiono także wyniki badań otrzymywania włóknistej warstwowej kompozycji złożonej z nanowłókien. Podczas tego procesu na włókna polilaktydowe zebrane na folii aluminiowej nałożono warstwę włókien żelatynowych. Uzyskane struktury były badane przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego.

Słowa kluczowe: elektroformowanie, inżynieria tkanowa, nanowłókna, PLA, żelatyna

[Inżynieria Biomateriałów 121 (2013) 6-12]

MICROSCOPIC STUDY OF NANOFIBROUS STRUCTURES OF POLYLACTIDE AND GELATINE AS POTENTIAL BIOMATERIALS FOR REGENERATIVE MEDICINE

ANNA MAGIERA*, STANISŁAW BŁĄŻEWICZ

AGH UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY,
FACULTY OF MATERIALS SCIENCE AND CERAMICS,
DEPARTMENT OF BIOMATERIALS,
AL. A. MICKIEWICZA 30, 30-059 KRAKOW, POLAND
* E-MAIL: ASOCHA@AGH.EDU.PL

Abstract

During the electrospinning (ES) process fibrous form of the polymer is obtained. Due to specific modification of a polymer precursor with nanoconstituents, nanocomposite fibres can also be produced. The concurrent electrospinning (co-ES) technique is a modification of the standard ES method in which multiple polymeric jets are being generated. This technique enables to develop new forms of structures – e.g., coatings, 3-D space architectures, gradient materials, fibrous reinforcements in nanocomposites.

Our aim was to obtain the PLA and GEL nanofibres as the first stage of the experiments leading to concurrent electrospinning of the composite polylactide/gelatine material. In this work individual polymeric fibres made of PLA or GEL were successfully produced. To do so the electrospinning setup designed and constructed in our Department was used. Fibrous deposits were collected on grounded rotating mandrel covered with aluminium foil. The obtained materials were analysed using scanning electron microscope (SEM). During the examination of the fibres acquired their diameters were measured. The general analysis of their morphologies was performed as well. Diameters of the PLA fibres obtained in this work ranged between 0.8 and 2.0 μm. GEL fibres were much smaller and had diameters ranging from 0.3 to 0.6 μm. All these values were narrowly distributed and depended on the experimental conditions.

Composite polymeric material, get by layered deposition technique, was also obtained. During this process PLA fibres were firstly obtained on the aluminium foil and then covered with GEL fibres. The structure obtained was analysed in the same way as individual, nanocomposite polymeric fibres.

Keywords: electrospinning, tissue engineering, nanofibres, PLA, gelatine

[Engineering of Biomaterials 121 (2013) 6-12]

OCENA ODLEWÓW STOPU NIKLU W KONTEKŚCIE ICH PRZYDATNOŚCI PO ZASTOSOWANIU PROTETYCZNEGO ZŁOMU POPRODUKCYJNEGO

KAROLINA BEER-LECH^{1*}, KRZYSZTOF PAŁKA¹, JANUSZ BOROWICZ²

¹ KATEDRA INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ,
WYDZIAŁ MECHANICZNY, POLITECHNIKA LUBELSKA,
UL. NADBYSTRZYCKA 36, 20-618 LUBLIN

² UNIwersytet Medyczny w Lublinie,
STOMATOLOGICZNE CENTRUM KLINICZNE,
ZAKŁAD PROTETYKI UNIwersytetu Medycznego w Lublinie
UL. KARMELICKA 7, 20-081 LUBLIN

* E-MAIL: K.BEER@POLLUB.PL

Streszczenie

Trwałość i użyteczność metalowych podbudów stomatologicznych protez częściowych w środowisku organizmu ludzkiego, a w szczególności w warunkach obciążeń biomechanicznych występujących podczas żucia jest uwarunkowana ich jakością uzyskaną w procesie odlewania. Na jakość metalowych podbudów protez może mieć wpływ zarówno metoda odlewania jak i korzystanie w procesie odlewania z dodatku tzw. złomu poprodukcyjnego. Złom ten stanowią mogą metale lub ich stopy, które były już raz użyte w procesie odlewania, jak również pozostałości po obróbce protetycznej. Ze względów ekonomicznych większość laboratoriów protetycznych wykorzystuje złom poprodukcyjny jako część wsadu do kolejnego procesu odlewania protez jednak procedura ta może powodować zmianę właściwości mikrostrukturalnych i mechanicznych uzyskanych odlewów i wpływać na końcową jakość wytworzonych protez, skutkując również obniżeniem przyczepności ceramiki dentystycznej. Wyniki prezentowane w literaturze dla różnych badanych stopów nie są jednoznaczne.

Celem pracy była ocena jakościowa odlewów oraz analiza zmian mikrostruktury i składu chemicznego odlewów wykonanych ze stopu NiCrMo stosowanego do wytwarzania metalowych podbudów koron i mostów protetycznych z dodatkiem złomu poprodukcyjnego oraz dwóch metod odlewania protez.

Jako próbki do badań zastosowano jednokrotne przetopy stopu niklu o zawartości odpowiednio: 100, 50, 0% stopu fabrycznego oraz odśrodkową i próżniowo-ciśnieniową metodą odlewania.

Wykonano badania mikrostrukturalne otrzymanych odlewów wraz z ich oceną jakościową i ilościową. Dla wszystkich badanych próbek stwierdzono obecność porów. Określono udział procentowy wydzieliń występujących w stopach oraz ich skład chemiczny. Stwierdzono, że stop odlewany metodą próżniowo-ciśnieniową charakteryzuje się większym udziałem wydzieliń niż stop odlewany za pomocą metody odśrodkowej.

Słowa kluczowe: stopy niklu, biomateriały, złom poprodukcyjny, mikrostruktura, metody odlewania.

[Inżynieria Biomateriałów 121 (2013) 13-18]

EVALUATION OF NICKEL ALLOY CASTINGS IN THE CONTEXT OF THEIR RELEVANCE TO THE USE OF POST-PRODUCTION SCRAP APPLICATION

KAROLINA BEER-LECH^{1*}, KRZYSZTOF PAŁKA¹, JANUSZ BOROWICZ²

¹ LUBLIN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY,
DEPARTMENT OF MATERIALS ENGINEERING,
36 NADBYSTRZYCKA STR., 20-618 LUBLIN, POLAND

² MEDICAL UNIVERSITY OF LUBLIN,
I FACULTY OF MEDICINE WITH DENTISTRY DIVISION,
7 AL. KARMELICKA STR., 20-081 LUBLIN, POLAND

* E-MAIL: K.BEER@POLLUB.PL

Abstract

Durability and serviceability of metal substructures of partial dentures in the environment of the human body, especially in the conditions of biomechanical loads encountered during chewing, is determined by the quality achieved in the casting process. The quality of the metal denture frameworks can affect both: the casting method and using of post-production scrap in the casting process. Prosthetic post-production scrap may be: metals or their alloys that were once already used in the casting process, as well as the remnants of the prosthetic treatment. For economic reasons, the majority of dental laboratories use post-production scrap as part of the batch to the next casting process, however, this practice may change microstructure and mechanical properties of the castings and affect the quality of the final prosthesis resulting also in the reduction of adhesion of dental ceramics. The results presented in the scientific literature for various tested alloys are ambiguous.

The aim of this study was to analyze the changes in the microstructure and chemical composition of castings made from NiCrMo alloy (used to manufacture the substructures of ceramic faced prosthetic crowns and bridges) applying post-production scrap and two methods of casting. As the test samples the disposable castings of Ni alloy was used, containing respectively 100, 50, 0% of new alloy.

The microstructure research, including quality and quantity analysis, was performed. For all tested samples the occurrence of pores was observed. The percentage ratio of precipitates, formed in the alloys and their chemical composition was determined. It was found that the alloy cast using vacuum pressure method has a greater share of the precipitates than alloy castings using a centrifugal method.

Keywords: nickel alloys, biomaterials, post-production scrap, microstructure, casting methods

[Engineering of Biomaterials 121 (2013) 13-18]

CHARAKTERYSTYKA PORÓWNAWCZA PORCELAN NISKOTOPLIWYCH STOSOWANYCH W TYTANOWYCH POŁĄCZENIACH DLA STOMATOLOGII

MAŁGORZATA LUBAS*, MONIKA GŁĘBICKA, ZBIGNIEW BALAGA,
CEZARY KOLAN, JÓZEF JASIŃSKI, LEOPOLD JEZIORSKI

POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA,
INSTYTUT INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ,
AL. ARMII KRAJOWEJ 19, 42-200 CZĘSTOCHOWA
* E-MAIL: MLUBAS@WIP.PCZ.PL

Streszczenie

W prezentowanej pracy przedstawiono wyniki badań składu fazowego, chemicznego oraz morfologii podstawowych proszków porcelany niskotopliwej firmy Duceratin Kiss Degudent firmy DeguDent, przeznaczonej do licowania szkieletów z tytanu i stopów tytanowo-niobowych oraz porcelany Initial Ti (Ti/Entrance Kit) firmy GC, stosowanej wyłącznie do uzupełnień na podbudowie z tytanu.

W pracy przedstawiono analizę porównawczą składu chemicznego oraz morfologii podstawowych proszków wchodzących w skład w/w porcelan dentystycznych. W badaniach zastosowano dyfrakcję rentgenowską (XRD) oraz mikroskopię skaningową wraz z mikroanalizą (SEM/EDS).

Badania stomatologicznej porcelany niskotopliwej różnych producentów wykazały, że skład podstawowych proszków bazuje na krzemianach i glino-krzemianach sodowo-potasowych o dość niskim stopniu krystaliczności. Obecność faz krystalicznych stwierdzono tylko dla proszków Opaque zarówno w porcelanie niskotopliwej Duceratin, jak i Initial Ti. Dla porcelany Duceratin fazy krystaliczne występują w postaci tlenku ceru, a dla porcelany Initial Ti jako tlenek cyny. Ponadto w obu proszkach na podstawie analizy rentgenograficznej stwierdzono występowanie tlenków ZrO_2 lub TiO_2 . Badania morfologii wykazały duże zróżnicowanie wielkości ziaren w poszczególnych proszkach porcelanowych. Największe, pojedyncze ziarna $> 70 \mu m$ zaobserwowano w proszku Opaqus Dentin (OD-A3) Initial Ti, a najmniejsze $< 10 \mu m$ w proszku Opaque Duceratin.

Słowa kluczowe: niskotopliwa porcelana dentystyczna, tytan, struktura, morfologia proszków

[Inżynieria Biomateriałów 121 (2013) 19-24]

COMPARISON BETWEEN LOW-MELTING PORCELAIN USED IN TITANIUM FRAMEWORKS IN DENTISTRY

MAŁGORZATA LUBAS*, MONIKA GŁĘBICKA, ZBIGNIEW BALAGA,
CEZARY KOLAN, JÓZEF JASIŃSKI, LEOPOLD JEZIORSKI

CZESTOCHOWA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY,
INSTITUTE FOR MATERIAL ENGINEERING
AL. ARMII KRAJOWEJ 19, 42-200 CZESTOCHOWA, POLAND
* E-MAIL: MLUBAS@WIP.PCZ.PL

Abstract

The study presents the results obtained during examinations of phase and chemical composition and morphology of basic powders of low-melting porcelain Duceratin Kiss manufactured by DeguDent and Initial Ti (Ti/Entrance Kit) manufactured by GC. Duceratin is used for veneering of titanium frameworks and titanium-niobium alloys. Initial Ti (Ti/Entrance Kit) is dedicated exclusively to titanium-based fillings.

This study shows a comparative analysis of the microstructure, chemical composition and morphology of basic powders present in the above listed dentistry porcelains. The study used the X-Ray Diffraction (XRD) and scanning electron microscopy method with microanalysis (SEM/EDS).

Characterization of the dental low-melting porcelain from different manufacturers revealed that the basic composition of powders is based on sodium-potassium silicates and aluminosilicates with considerably low degree of crystallinity. Presence of crystalline phases was found only for Opaque powder, both in Duceratin porcelain and in Initial Ti. They performed the role of opacifiers, such as cerium oxide in Duceratin porcelain and tin oxide in Initial Ti. Furthermore, both powders also contain ZrO_2 and TiO_2 . Addition of such oxides improves opacity of porcelain layers. The examinations of powder morphology revealed high difference in grain size in individual porcelain powders. The biggest individual grains ($> 70 \mu m$) were observed in the powder Opaqus Dentin (OD-A3) Initial Ti, whereas the smallest grains ($< 10 \mu m$) were found in the powder Opaque Duceratin.

Keywords: low-melting dental porcelain, titanium, structure, powders morphology

[Engineering of Biomaterials 121 (2013) 19-24]

MATERIAŁY POLIMEROWE I WĘGLOWE W ASPEKCIE ZASTOSOWANIA JAKO MATERIAŁ KONSTRUKCYJNY DYSKU POLSKIEJ MECHANICZNEJ ZASTAWKI SERCA - OCENA WYBRANYCH WŁASNOŚCI FIZYCZNYCH I BIOLOGICZNYCH

AGNIESZKA SZUBER^{1*}, MAGDALENA KOŚCIELNIAK-ZIEMNIAK¹, KAROLINA JANICZAK¹, MACIEJ GŁOWACKI¹, MACIEJ GAWLIKOWSKI¹, ROMAN KUSTOSZ¹, MAŁGORZATA GONSIOR¹, PIOTR WILCZEK¹, STANISŁAW DUBER², WITOLD KACZOROWSKI³, PIOTR NIEDZIELSKI³, JACEK GRABARCZYK³, WITOLD WALK⁴

¹ FUNDACJA ROZWOJU KARDIOCHIRURGII, PRACOWNIA SZTUCZNEGO SERCA, UL. WOLNOŚCI 345A, 41-800 ZABRZE

² UNIwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, UL. BĘDZIŃSKA 60, 41-200 SOSNOWIEC

³ POLITECHNIKA ŁÓDZKA, INSTYTUT INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ, UL. STEFANOWSKIEGO 1/15, 90-924 ŁÓDŹ

⁴ POLITECHNIKA ŚLĄSKA, WYDZIAŁ INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ, UL. GEN. CHARLESA DE GAULLE'A 72, 41-800 ZABRZE

* E-MAIL: ASZUBER@FRK.PL

Streszczenie

Badania biomateriałów polimerowych i węglowych prowadzone są w celu doboru odpowiednich materiałów konstrukcyjnych dla polskiej dyskowej mechanicznej zastawki serca typu Moll. W obszarze zainteresowania znalazły się: polieteroeteroketon (PEEK), PEEK utwardzony powierzchniowo warstwą węglową typu DLC oraz węgiel szklisty. Biomateriały zostały poddane wybranym badaniom strukturalnym (badaniom mikrotwardości metodą Vickersa i porowatości z wykorzystaniem analizatora Autosorb iQ) oraz badaniom własności mechanicznych na stanowisku badań zmęczeniowych. Własności biologiczne biomateriałów oceniono wykorzystując nowoczesną metodę badań biologicznych biomateriałów - badania trombogenności powierzchni wykonano na urządzeniu Impact-R, w testach dynamicznego kontaktu z krwią w warunkach oddziaływania sił ścinających.

Wyniki badań zmęczeniowych i oceny trombogenności materiałów polimerowych potwierdziły właściwe zastosowanie materiału PEEK w konstrukcji dysku zastawki mechanicznej przeznaczonej do stosowania krótkoterminowego (około 12 miesięcy) w pozaustrojowej pulsacyjnej pompie mechanicznego wspomaganie serca. Zastosowanie utwardzającej powłoki węglowej typu DLC na polimerze stanowi właściwy kierunek prac mających na celu uzyskanie bardziej wytrzymałej powierzchni dysku w kontakcie z tytanowym pierścieniem zastawek, co potwierdziły testy zmęczeniowe. Przeprowadzone badania mikrotwardości biomateriałów wskazały wysoką wytrzymałość oraz twardość opracowywanego węgla szklistego.

Słowa kluczowe: dysk mechanicznej zastawki serca, biomateriały, biogodność, mechaniczne wspomaganie serca

[Inżynieria Biomateriałów 121 (2013) 25-32]

POLYMERIC AND CARBON MATERIALS APPLIED IN THE CONSTRUCTION OF POLISH MECHANICAL VALVE DISK – EVALUATION OF SELECTED PHYSICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES

AGNIESZKA SZUBER^{1*}, MAGDALENA KOŚCIELNIAK-ZIEMNIAK¹, KAROLINA JANICZAK¹, MACIEJ GŁOWACKI¹, MACIEJ GAWLIKOWSKI¹, ROMAN KUSTOSZ¹, MAŁGORZATA GONSIOR¹, PIOTR WILCZEK¹, STANISŁAW DUBER², WITOLD KACZOROWSKI³, PIOTR NIEDZIELSKI³, JACEK GRABARCZYK³, WITOLD WALK⁴

¹ FOUNDATION OF CARDIAC SURGERY DEVELOPMENT, WOLNOSCI 345A STR, 41-800 ZABRZE, POLAND

² UNIVERSITY OF SILESIA, DEPARTMENT OF EARTH SCIENCE, BĘDZIŃSKA 60 STR, 41-200 SOSNOWIEC, POLAND

³ LODZ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, INSTITUTE OF MATERIALS ENGINEERING, STEFANOWSKIEGO 1/15 STR., 90-924 LODZ, POLAND

⁴ SILESIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, DEPARTMENT OF BIOMEDICAL ENGINEERING, GEN. CHARLESA DE GAULLE'A 72 STR, 41-800 ZABRZE, POLAND

* E-MAIL: ASZUBER@FRK.PL

Abstract

The polymeric and carbon biomaterials tests are performed in order to select the proper constructional materials for Polish mechanical tilting valve type Moll. In the area of interests are: polyetheretherketone (PEEK), PEEK with a DLC (diamond like carbon) surface layer and glassy carbon. The biomaterials were analyzed in selected structural tests (micro hardness tests utilizing Vickers method and porosity tests utilizing Autosorb iQ analyzer) and mechanical properties investigation on the fatigue test stand. Biocompatibility properties of biomaterials were evaluated utilizing new biological investigation method – biomaterial surface thrombogenicity test performed using Impact-R device, in the dynamic blood contact conditions with shear stress impact.

The results of fatigue and thrombogenicity tests of polymeric materials confirmed the proper PEEK use in the mechanical valve disk construction dedicated for short term application (approximately 12 months) in the extracorporeal pulsatile ventricular heart assists device. The hardened carbon type DLC surface layer on the polymer is the appropriate direction of investigation in order to obtain more durable disk surface in the contact with titanium valve housing, what was confirmed in fatigue tests. The micro hardness biomaterials tests showed high strength and hardness of investigated glassy carbon.

Keywords: mechanical heart valve disc, biomaterials, biocompatibility, mechanical heart support

[Engineering of Biomaterials 121 (2013) 25-32]

POROWATE KOMPOZYTY POLIURETAN/ β -TCP DO ZASTO- SOWAŃ ORTOPEDYCZNYCH

PIOTR SZCZEPAŃCZYK*, KRZYSZTOF PIETRYGA,
KINGA PIELICHOWSKA*, JAN CHŁOPEK

AGH AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA,
WYDZIAŁ INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ I CERAMIKI,
KATEDRA BIOMATERIAŁÓW

AL. A. MICKIEWICZA 30, 30-059 KRAKÓW

* E-MAIL: PSZCZEPA@AGH.EDU.PL, KINGAPIE@AGH.EDU.PL

Streszczenie

Celem pracy było otrzymanie serii porowatych kompozytów o osnowie polimerowej modyfikowanych mikrocząstkami β trifosforanu (V) wapnia (β -TCP) oraz zbadanie ich właściwości pod kątem zastosowań ortopedycznych. Osnowę otrzymanych kompozytów stanowiły poliuretany ze względu na szereg zalet wynikających z ich budowy chemicznej, m.in. właściwości sprzyjające adhezji żywych komórek i ich proliferacji [1]. Ponadto poliuretany są grupą polimerów o wszechstronnych właściwościach, zmieniających się w zależności od użytych reagentów i średniej masy cząsteczkowej oraz o szerokim wachlarzu zastosowań. Dodatkową zaletą poliuretanów jest potencjalna możliwość wprowadzania ich w miejsce ubytku kostnego metodą iniekcijną [2]. Kompozyty otrzymywano na drodze jednoetapowej polimeryzacji w masie z 4,4'-diizocyjanianu difenylometanu (MDI), poli(glikolu etylenowego) (PEG) oraz 1,4-butanodiolu (BDO) jako przedłużacza łańcucha. Sulfonowany olej rycynowy (SCO) oraz stearynian wapnia (CS) zastosowano w celu lepszej kontroli porowatości i otrzymania układów o porach otwartych. Struktura otrzymanych materiałów została potwierdzona za pomocą spektroskopii w podczerwieni. Przy użyciu mikroskopu stereoskopowego oszacowano porowatość, ponadto zbadano wytrzymałość na ściskanie oraz przeprowadzono symulacje biologiczne w warunkach *in vitro*. Przeprowadzono również inkubację w symulowanym płynie fizjologicznym (SBF) w celu wstępnej oceny bioaktywności otrzymanych biomateriałów. Uzyskane wyniki potwierdziły znaczący wpływ dodatku β -TCP na właściwości mechaniczne otrzymanych układów jak również na poprawę ich bioaktywności. Ponadto zaobserwowano, że dodatek β -TCP, SCO oraz CS wpływa na porowatość całkowitą i rozmiary porów.

Słowa kluczowe: kompozyty, poliuretany, β -TCP, inżynieria tkankowa, regeneracja tkanki kostnej

[Inżynieria Biomateriałów 121 (2013) 33-41]

POROUS COMPOSITES POLYURETHANE/ β -TCP FOR ORTHOPAEDIC APPLICATIONS

PIOTR SZCZEPAŃCZYK*, KRZYSZTOF PIETRYGA,
KINGA PIELICHOWSKA*, JAN CHŁOPEK

AGH UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY,
FACULTY OF MATERIALS SCIENCE AND CERAMICS,
DEPARTMENT OF BIOMATERIALS

AL. A. MICKIEWICZA 30, 30-059 KRAKÓW, POLAND

* E-MAIL: PSZCZEPA@AGH.EDU.PL, KINGAPIE@AGH.EDU.PL

Abstract

The purpose of the research was to produce a series of porous composite samples with polymeric matrix modified by β -tri-calcium phosphate (β -TCP) microparticles and to study their properties considering orthopaedic applications. Polyurethanes were used as the polymeric matrix on account of their advantages resulting from their chemical structure. These materials also promote cell adhesion and proliferation [1]. Moreover these polymers exhibit wide-ranging properties which can be modulated depending on composition and average molecular weight and are used in broad spectrum of applications. Another advantage of polyurethanes is their potential to be injected into the bone defect by minimally invasive technique [2]. The composites were obtained through the one-step synthesis by mixing 4,4'-diphenylmethane diisocyanate (MDI) with poly(ethylene glycol) (PEG) and 1,4-butanediol (BDO) as a chain extender. Sulphonated castor oil (SCO) and calcium stearate (CS) were applied for better porosity control and to obtain interconnected pore system. Structure of the synthesized materials was confirmed by means of infrared spectroscopy. The porosity was assessed using stereoscopic microscopy. Moreover the compressive strength was studied and *in vitro* simulation was carried out. Composite samples were also incubated in simulated body fluid (SBF) for preliminary evaluation of the *in vitro* bioactivity. The research results confirmed significant influence of β -TCP on mechanical properties and preliminary evaluation of the *in vitro* bioactivity of the obtained samples. Moreover the influence of β -TCP, SCO and CS on total porosity and pore sizes was investigated.

Keywords: polyurethanes, β -TCP, tissue engineering, bone tissue regeneration

[Engineering of Biomaterials 121 (2013) 33-41]

SYNTEZA ENZYMATYCZNA MULTIBLOKOWEGO KOPOLIMERU POLI(BURSZTYNIANU BUTYLENU- CO-GLIKOLU ETYLENOWEGO) (PBS-EG) KATALIZOWANA LIPAZĄ B ZE SZCZEPU CANDIDA ANTARCTICA

BOGUSŁAWA GRADZIK, MIROŚLAWA EL FRAY*

ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE,
ZAKŁAD BIOMATERIAŁÓW I TECHNOLOGII MIKROBIOLOGICZNYCH,
CENTRUM DYDAKTYCZNO-BADAWCZE NANOTECHNOLOGII,
AL. PIASTÓW 45, 71-311 SZCZECIN

* E-MAIL: MIRFRAY@ZUT.EDU.PL

Streszczenie

W pracy przedstawiono badania nad syntezą segmentowego kopolimeru (estrowo-eteru) – poli(bursztynianu butylenu-co-glikolu etylenowego) (PBS-EG) z użyciem lipazy B, pochodzącej ze szczepu *Candida antarctica* jako katalizatora. Polimeryzację przeprowadzono w roztworach eteru difenyłowego z udziałem bursztynianu dietylu i 1,4-butanediolu oraz poli(glikolu etylenowego) (PEG), prowadzanego na różnych etapach reakcji, w temperaturze 80°C w warunkach zmiennego ciśnienia. Oceniono wpływ ciśnienia oraz sposobu wprowadzania PEGu na budowę chemiczną i właściwości termiczne otrzymanych kopolimerów (estrowo-eterów). Budowa chemiczna zsyntezowanych kopolimerów została oceniona na podstawie spektroskopii magnetycznego rezonansu jądrowego (¹H NMR) oraz spektroskopii w podczerwieni (IR). Właściwości termiczne zbadano metodą różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC). Wykazano, że zastosowanie enzymu jako katalizatora prowadzi do otrzymania kopolimeru segmentowego, jednak reakcje przebiegają z dosyć niskimi wydajnościami oraz powstałe kopolimery wykazują małą wartość masy molowej. Stwierdzono również, że na większą wydajność reakcji oraz wzrost masy molowej wpływa jej prowadzenie w warunkach nadciśnienia niż podciśnienia.

Słowa kluczowe: kataliza enzymatyczna, lipaza, kopolimery estrowo-eterowe, poli(bursztynian butylenu), polikondensacja

[Inżynieria Biomateriałów 121 (2013) 42-48]

ENZYMATIC SYNTHESIS OF POLY(BUTYLENE SUCCINATE- CO-ETHYLENE GLYCOL) MULTIBLOCK COPOLYMER (PBS-EG) CATALYZED BY LIPASE B FROM CANDIDA ANTARCTICA

BOGUSŁAWA GRADZIK, MIROŚLAWA EL FRAY*

WEST POMERANIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY,
DIVISION OF BIOMATERIALS AND MICROBIOLOGICAL TECHNOLOGIES,
NANOTECHNOLOGY CENTRE,
AL. PIASTÓW 45, 70-311 SZCZECIN, POLAND

* E-MAIL: MIRFRAY@ZUT.EDU.PL

Abstract

The paper presents studies on the synthesis of segmented copoly(ester-ether) - a poly(butylene succinate-co-ethylene glycol) (PBS-EG) using as a catalyst - lipase B derived from *Candida antarctica* strain. The polymerization was performed in the solutions of diphenyl ether, involving diethyl succinate and 1,4-butanediol and poly(ethylene glycol) (PEG) introduced at different stages of the reaction, at 80°C under variable pressure. The influence of variable pressure and methods of introducing PEG monomer on the chemical structure and thermal properties of resulting copoly(ester-ether) was examined. The chemical structure of synthesized copolyesters was determined by nuclear magnetic resonance spectroscopy (¹H NMR) and infrared spectroscopy (IR). The thermal properties were investigated using differential scanning calorimetry (DSC). It was observed that use of enzyme as catalyst allows to obtain a segmented copolymer, however the reactions take place with relatively low yields and molar mass. It was also found that higher yield and molar mass of the reaction was observed at overpressure than at underpressure conditions.

Keywords: enzymatic polymerization, lipase, poly(ether-ester) copolymer, poly(butylene succinate), polycondensation

[Engineering of Biomaterials 121 (2013) 42-48]



STUDIA PODYPLOMOWE

Biomateriały – Materiały dla Medycyny

2014/2015

Organizator: Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki Katedra Biomateriałów	Adres: 30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 30 Pawilon A3, p. 208 lub p. 501 tel. 12 617 44 48; fax. 12 617 33 71 email: epamula@agh.edu.pl; krok@agh.edu.pl
Kierownik: dr hab. inż. Elżbieta Pamuła, prof. AGH	http://www.agh.edu.pl/ksztalcenie/oferta-ksztalcenia/studia-podyplomowe/biomateriały-materiały-dla-medycyny/
Charakterystyka: Tematyka prezentowana w trakcie zajęć obejmuje przegląd wszystkich grup materiałów dla zastosowań medycznych: metalicznych, ceramicznych, polimerowych, węglowych i kompozytowych. Studenci zapoznają się z metodami projektowania i wytwarzania biomateriałów, a następnie możliwościami analizy ich właściwości mechanicznych, właściwości fizykochemicznych (laboratoria z metod badań: elektronowa mikroskopia skaningowa, mikroskopia sił atomowych, spektroskopia w podczerwieni, badania energii powierzchniowej i zwilżalności) i właściwości biologicznych (badania: <i>in vitro</i> i <i>in vivo</i>). Omawiane są regulacje prawne i aspekty etyczne związane z badaniami na zwierzętach i badaniami klinicznymi (norma EU ISO 10993). Studenci zapoznają się z najnowszymi osiągnięciami medycyny regeneracyjnej i inżynierii tkankowej.	
Sylwetka absolwenta: Studia adresowane są do absolwentów uczelni technicznych (inżynieria materiałowa, technologia chemiczna), przyrodniczych (chemia, biologia, biotechnologia), a także medycznych, stomatologicznych, farmaceutycznych i weterynaryjnych, pragnących zdobyć, poszerzyć i ugruntować wiedzę z zakresu inżynierii biomateriałów i nowoczesnych materiałów dla medycyny. Słuchacze zdobywają i/lub pogłębiają wiedzę z zakresu inżynierii biomateriałów. Po zakończeniu studiów wykazują się znajomością budowy, właściwości i sposobu otrzymywania materiałów przeznaczonych dla medycyny. Potrafią analizować wyniki badań i przekładać je na zachowanie się biomateriału w warunkach żywego organizmu. Ponadto słuchacze wprowadzani są w zagadnienia dotyczące wymagań normowych, etycznych i prawnych niezbędnych do wprowadzenia nowego materiału na rynek. Ukończenie studiów pozwala na nabycie umiejętności przygotowywania wniosków do Komisji Etycznych i doboru metod badawczych w zakresie analizy biogodności materiałów.	
Zasady naboru: Termin zgłoszeń: od 20.09.2014 do 20.10.2014 (liczba miejsc ograniczona - decyduje kolejność zgłoszeń) Wymagane dokumenty: dyplom ukończenia szkoły wyższej Miejsce zgłoszeń: Kraków, Al. Mickiewicza 30, Pawilon A3, p. 208 lub p. 501 Osoby przyjmujące zgłoszenia: dr hab. inż. Elżbieta Pamuła, prof. AGH (tel. 12 617 44 48, e-mail: epamula@agh.edu.pl) dr inż. Małgorzata Krok-Borkowicz (tel. 12 617 47 44, e-mail: krok@agh.edu.pl)	
Czas trwania: 2 semestry (od XI 2014 r. do VI 2015 r.)	Opłaty: 2 600 zł
Informacje dodatkowe: Zajęcia: 8 zjazdów (soboty-niedziele) 1 raz w miesiącu. Przewidywana liczba godzin: 160.	