



POLITECHNIKA
GDAŃSKA

AGNIESZKA OSSOWSKA

WYTWARZANIE,
BUDOWA I WŁAŚCIWOŚCI
WARSTW TLENKOWYCH
UZYSKIWANYCH
NA STOPACH TYTANU
DO ZASTOSOWAŃ
BIOMEDYCZNYCH

GDAŃSK 2017

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO
WYDAWNICTWA POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

Janusz T. Cieśliński

REDAKTOR PUBLIKACJI NAUKOWYCH

Michał Szydłowski

REDAKTOR SERII

Krzysztof J. Kaliński

RECENZENCI

Krzysztof Rokosz

Maria Sozańska

PROJEKT OKŁADKI

Jolanta Cieślawska

Wydano za zgodą
Rektora Politechniki Gdańskiej

Oferta wydawnicza Politechniki Gdańskiej jest dostępna pod adresem
www.pg.edu.pl/wydawnictwo/katalog
zamówienia prosimy kierować na adres wydaw@pg.edu.pl

Utwór nie może być powielany i rozpowszechniany, w jakiegokolwiek formie
i w jakiegokolwiek sposób, bez pisemnej zgody wydawcy

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2017

ISBN 978-83-7348-713-0

WYDAWNICTWO POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

Wydanie I. Ark. wyd. 6,5, ark. druku 6,0, 165/991

Druk i oprawa: Volumina.pl Daniel Krzanowski
ul. Księcia Witolda 7-9, 71-063 Szczecin, tel. 91 812 09 08

SPIS TREŚCI

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ I SKRÓTÓW	5
1. WPROWADZENIE	7
2. NOWOCZESNE BIOMATERIAŁY METALOWE	9
2.1. Podział i zastosowanie biomateriałów metalowych	9
2.2. Stale austenityczne	11
2.3. Stopy kobaltu	14
2.4. Stopy z pamięcią kształtu	15
2.5. Stopy tytanu	18
2.5.1. Stop tytanu typu Ti13Nb13Zr	20
3. MODYFIKACJA POWIERZCHNI BIOMATERIAŁÓW TYTANOWYCH	22
3.1. Techniki modyfikacji powierzchni	22
3.2. Implantacja jonowa	23
3.3. Osadzanie elektroforetyczne	25
3.4. Utlenianie chemiczne	25
3.5. Utlenianie elektroiskrowe	26
3.6. Utlenianie termiczne	26
3.6.1. Badania własne	29
3.7. Utlenianie elektrochemiczne	35
3.7.1. Badania własne	43
3.7.2. Dyskusja i wnioski	45
4. OCENA WŁAŚCIWOŚCI WARSTW TLENKOWYCH	50
4.1. Charakterystyka badań nanoindentacji	50
4.1.1. Badania własne	53
4.1.2. Dyskusja i wnioski	56
4.2. Kąt zwilżania miarą bioaktywności	56
4.2.1. Badania własne	57
4.2.2. Dyskusja i wnioski	59
4.3. Optyczna spektroskopia emisyjna z wyładowaniem jarzeniowym	59
4.3.1. Badania własne	61
4.3.2. Dyskusja i wnioski	63
5. MECHANIZMY DEGRADACJI POWIERZCHNI TYTANU	64
5.1. Oddziaływanie implant – środowisko w otoczeniu płynów ustrojowych	64
5.2. Ocena szybkości roztwarzania oparta na dyfuzji jonowej przez warstwy tlenkowe	64
5.2.1. Badania własne	67
5.3. Ocena szybkości roztwarzania oparta na modelu mikrostruktury warstwy tlenkowej	70
5.3.1. Badania własne	70
6. ZJAWISKO KOROZJI WARSTW TLENKOWYCH	71
6.1. Korozja tytanu i jego stopów	71
6.2. Badania własne	73
6.3. Dyskusja i wnioski	75
7. PODSUMOWANIE I WNIOSKI KOŃCOWE	77
7.1. Podsumowanie	77
7.2. Wnioski	78

PODZIĘKOWANIA	79
BIBLIOGRAFIA	80
STRESZCZENIE W JĘZYKU POLSKIM	95
STRESZCZENIE W JĘZYKU ANGIELSKIM	95