

## BIOCOMPATIBILITY OF THIN LAYERS

Frank Hollstein\*, Miroslav Červinka\*\*,

Petr Louda\*\*\*, Irena Šubrtová\*\*\*

\*TECHNO-COAT Zittau GmbH,

Hirschfelder Ring 1, D-02763 Zittau, Germany

\*\*Lékařská fakulta UK,

Šimkova 870, 50001 Hradec Králové, Czech Republic

\*\*\*Katedra materiálů, Technická univerzita v Liberci, Hájkova 6, 461 17 Liberec, Czech Republic

### Abstract

Medical tools for minimally invasive surgery are often used in hard environmental conditions. For more effective protection against corrosion of the substrates, caused by steam sterilization loadings, TiN, TiCN, TiAlN, ZrN PVD - layers were used. All of the considered PVD - coatings have shown a sufficient sterilization resistance and the necessary biotolerance, which is required by the legislator for short-term applications of tools. The biocompatibility was estimated by monitoring and evaluating the growth of certain animal cell cultures. Steam sterilization was performed in an autoclave by the sterilization pressure 105KPa in 60 cycles.

Keywords: PVD coating, medical tools, steam sterilization, biotolerance

[Engineering of Biomaterials 35-36, (2004) 6-8]

## MODYFIKACJA POWIERZCHNI MATERIAŁU STOSOWANEGO NA STENTY

Małgorzata Czerniak\*, Andrzej Sysa\*\*, Jacek Grabarczyk\*, Agnieszka Pełka\*\*\*, Piotr

Niedzielski\*, Tomasz Wężyk\*

\*Zakład Inżynierii Biomedycznej, Instytut Inżynierii Materiałowej, Politechnika Łódzka

\*\*Klinika Kardiologii, Centrum Zdrowia Matki Polki w Łodzi

\*\*\*Szpital Kliniczny nr.1 im.N.Barlickiego w Łodzi

### Streszczenie

Celem naszych badań była modyfikacja powierzchni materiału stosowanego na stenty, jakim była stal medyczna AISI 316L. Modyfikacja związana była z naniesieniem na materiał warstwy diamentowej wytworzonej w plazmie wysokiej częstotliwości pod obniżonym ciśnieniem RF PCVD. Po naniesieniu warstwy zostały przeprowadzone badania właściwości mechanicznych stali 316L. Pozwoliły one sprawdzić, czy zmieniają się właściwości tego materiału i czy może on być po takiej modyfikacji nadal stosowany na stenty.

Słowa kluczowe: stenty, warstwa węglowa, modyfikacja powierzchni

[Inżynieria Biomateriałów, 35-36, (2004) 9-12]

## SURFACE MODIFICATION OF MATERIALS USED FOR STENT

Małgorzata Czerniak\*, Andrzej Sysa\*\*, Jacek Grabarczyk\*, Agnieszka Pełka\*\*\*, Piotr

Niedzielski\*, Tomasz Wężyk\*

\*Biomedical Engineering Division, Institute of Material Sciences and Engineering, Technical University of Lodz, Poland

\*\*Clinical Cardiology, Polish Mother's Memorial Hospital - Research Institute, Lodz, Poland

\*\*\*Barlicki Clinical Hospital

### Abstract

The aim of investigations was surface modification of material used for stent medical stainless steel AISI 316 L. The modification was connected with coating the materials diamond layers manufactured by radio frequency plasma chemical vapour deposition process (RF PCVD).

After the layers manufacturing the investigations of mechanical properties will be carried out. They have given the answer how the properties of material surface change and after modification used for stents still.

Keywords: stents, surface modification, diamond layer

[Engineering of Biomaterials 35-36, (2004) 9-12]

## CZY MIKROORGANIZMY MOGĄ MODYFIKOWAĆ TWARDE WARSTWY WĘGLOWE?

Agata Kaczorowska\*, Mirosława Szczęsna-Antczak\*, Tadeusz Antczak\*, Stanisław Bielecki\*, Stanisław Mitura\*\*, Piotr Niedzielski\*\*, Witold Kaczorowski\*\*, Marcin Kozanecki\*\*\*, Patrice Couvrat\*\*\*\*

\*Instytut Biochemii Technicznej, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, Politechnika Łódzka,

Stefanowskiego 4/10, 90-924 Łódź, Polska

\*\*Instytut Inżynierii Biomedycznej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Łódzka,

\*\*\*Katedra Fizyki Molekularnej, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka,

\*\*\*\*ECAM Lyon, France

### Streszczenie

Badano wpływ różnych drobnoustrojów na powierzchnie pokryte warstwami węglowymi. Powłoki diamentopodobne wytworzono na stali medycznej stosując metodę RF PCVD. Do badań zastosowano próbki z warstwami naniesionymi przy różnych parametrach. Próbki te poddano na działanie komórek mikroorganizmów w warunkach hodowli statycznej w podłożu stałym. Powłoki węglowe przed i po wzroście drobnoustrojów analizowano wykorzystując mikroskop optyczny i fluorescencyjny, skaningowy mikroskop elektronowy oraz spektroskop Ramana. Wyniki badań dowiodły, że niektóre z zastosowanych drobnoustrojów silnie oddziałują z twardą warstwą węglową i prawdopodobnie doprowadzają do zmian jej struktury.

[Engineering of Biomaterials 35-36, (2004) 12-16]

## CAN MICROORGANISMS MODIFY HARD CARBON COATINGS?

Agata Kaczorowska\*, Mirosława Szczęsna-Antczak\*, Tadeusz Antczak\*, Stanisław Bielecki\*, Stanisław Mitura\*\*, Piotr Niedzielski\*\*, Witold Kaczorowski\*\*, Marcin Kozanecki\*\*\*, Patrice Couvrat\*\*\*\*

\*Institute of Technical Biochemistry, Faculty of Biotechnology and Food Sciences, Technical University of Lodz, Poland

\*\*Department of Biomedical Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Technical University of Lodz, Poland

\*\*\*Department of Molecular Physics,

Faculty of Chemistry, Technical University of Lodz, Poland

\*\*\*\*ECAM Lyon, France

### Abstract

An effect of microorganisms on surfaces covered with carbon coatings has been studied. Carbon films on medical stainless steel have been made using RF PCVD method. The samples covered with carbon coatings under different conditions were used. All samples were inoculated with various microorganisms. The carbon layers before and after the growth of the microbes were examined by means of Raman spectroscopy, scanning electron microscopy and optical microscope. It was found that some of the microbes strongly attacked of the surface of carbon films and probably changed their structure.

[Engineering of Biomaterials 35-36, (2004) 12-16]

## ZASTOSOWANIE METODY ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH DO SYMULACJI NAPRĘŻEŃ POMIĘDZY WYPEŁNIENIAMI A TKAN KAMI ZĘBA

Leszek Klimek, Jacek Sawicki

Instytut Inżynierii Materiałowej Politechniki Łódzkiej

90-924 Łódź, ul. Stefanowskiego 1, Polska

## Streszczenie

Jedną z przyczyn nieskuteczności stomatologicznego leczenia zachowawczego mogą być naprężenia panujące w tkankach zęba i na granicy pomiędzy wypełnieniem a tymi tkankami. Mogą one powodować różnego rodzaju niekorzystne zjawiska np. powstawanie szczelin i nieciągłości, niszczenie tkanek zęba bądź materiału wypełnienia, wypadanie wypełnienia itp. Naprężenia te pojawiają się zarówno w wyniku sił działających podczas procesu żucia pokarmów jak i też są wynikiem różnych właściwości fizycznych materiałów wypełniających i tkanek zęba. Istotne jest, więc poznanie ich wielkości i charakteru. Niestety nie można dokonać ich bezpośredniego pomiaru. W niniejszym artykule przedstawiono wyniki symulacji naprężeń panujących w zębie podczas procesu żucia. Symulacji tych dokonano dla trzech różnych materiałów wypełniających i dwóch wielkości wypełnień.

[Engineering of Biomaterials 35-36, (2004) 16-21]

## FEM APPLICATION

### IN SIMULATING THE STRESSES BETWEEN DENTAL FILLINGS AND THE TISSUES OF THE TOOTH

Leszek Klimek, Jacek Sawicki

Institute of Materials Engineering,

Technical University of Lodz,

90-924 Lodz, ul. Stefanowskiego 1, Poland

## Abstract

The stresses present in the teeth tissues and at the boundary between the fillet and the these tissues can be the one of the reasons of the ineffectiveness of the dental conservative treatment. They can cause different kind kinds of disadvantageous phenomena e.g. gaps and discontinuities formation, tooth tissues or fillet material damage, falling out the fillet and so on. These stresses are formed both as a result of acting forces during mastication and different fillings and tooth tissue material properties. It is important to know their character and quantity. The direct measurement is impossible, unfortunately. The computer simulations results of the stresses formation in the tooth during mastication process, are shown in this paper. This simulation was run for three different filling materials and two dimensions of these fillets.

[Engineering of Biomaterials 35-36, (2004) 16-21]

## ELEKTRONOWY MIKROSKOP SKANINGO WY W BADANIACH MATE RIAŁÓW ENDODONTYCZNYCH

Leszek Klimek

Instytut Inżynierii Materiałowej Politechnika Łódzka

## Streszczenie

We współczesnej endodoncji stosowanych jest wiele materiałów wypełniających i uszczelniających i z każdym rokiem ich ilość rośnie. Warunkiem zastosowania właściwego materiału jest znanie jego właściwości, z których jedną z najistotniejszych jest zapewnienie odpowiedniej szczelności między zębiną a wypełnieniem. Najczęściej stosowane metody oparte są na pomiarach penetracji barwnika w głąb wypełnienia. W niniejszej pracy przedstawiono możliwości zastosowania elektronowego mikroskopu skaningowego do określenia szczelności wypełnień wstecznych. Pokazano jakie daje on możliwości obserwacji i ujawniania nieciągłości i defektów wypełnień wstecznych, oraz przedstawiono korelację wyników określania szczelności w elektronowym mikroskopie skaningowym z badaniem szczelności metodą penetracji barwnika. Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że obserwacje w elektronowym mikroskopie skaningowym dają informacje niemożliwe do uzyskania innymi metodami. Reasumując należy stwierdzić że może on być cennym urządzeniem uzupełniającym badania wypełnień wstecznych.

[Engineering of Biomaterials 35-36, (2004) 22-26]  
SCANNING ELECTRON MICROSCOPE  
IN INVESTIGATION ENDODONTICAL MATERIALS

Leszek Klimek

Institute of Material Engineering,  
Technical University of Lodz, Lodz, Poland

Abstract

Adequate root canal sealing is a basic prerequisite for achieving successful endodontic treatment and depends not only on a technique of obturation of the whole root canal system but also on proper choice of endodontic material. In contemporary endodontics there are many different materials recommended for root canal obturation and retrograde filling after apicectomy. A dye penetration technique and a scanning electron microscope (SEM) are the methods most often used in evaluation of the quality of fillings. The study presents SEM observations of root canal and retrograde fillings and determines the correlation between the SEM findings and the results of the dye penetration method.

Engineering of Biomaterials 35-36, (2004) 22-26]

DŁUGOTERMINOWE BADANIA ZMECZENIOWE SZTUCZNEJ ZASTAWKI SERCA  
POKRYTEJ WARSTWĄ NANOKRYSTALICZNEGO DIAMENTU

Krzysztof Jóźwik, Dariusz Witkowski, Damian Obidowski

Politechnika Łódzka, Instytut Maszyn Przepływowych

Zespół Aparatury Medycznej

ul. Wólczańska 219/223, 93-005 Łódź, Polska

Streszczenie

Analizując pracę zastawki, szczególnie z punktu widzenia niezawodności działania, należy uwzględnić liczbę cykli pracy serca. Nawet w położeniu aortalnym różnica ciśnienia przy zamkniętej zastawce nie stanowi dużego jej obciążenia. Natomiast to obciążenie i ogromna liczba cykli pracy stwarza niebezpieczeństwo uszkodzenia protezy zastawki. W pracy przedstawiono model układu krążenia oraz stanowisko do badań zmęczeniowych zastawek.

Słowa kluczowe: sztuczna zastawka serca, testy zmęczeniowe, przepływ pulsacyjny

Engineering of Biomaterials 35-36, (2004) 26-29]

A LONG-TERM MECHANICAL FATIGUE EXAMINATION OF THE ARTIFICIAL  
HEART VALVE WITH AN NCD COATING

Krzysztof Jóźwik, Dariusz Witkowski, Damian Obidowski

Technical University of Łódź, Institute of Turbomachinery

Division of Medical Apparatus

219/223 Wólczańska St. 93-005 Łódź, Poland

Abstract

Analysing heart valve operation, especially from the viewpoint of operational reliability, one has to take into account the number of cycles of heart operation. The pressure difference for closed heart valve is not a significant load, even for aortal position. However, this load and a huge number of operation cycles creates a danger of artificial heart valve damages. A model of human body cardiovascular system and a test rig for fatigue investigations have been presented.

Key words: Artificial heart valve, fatigue test, pulse flow.

Engineering of Biomaterials 35-36, (2004) 26-29]

TROMBOZGODNOŚĆ WARSTW NCD NA POWIERZCHNI STOPÓW TYTANOWYCH

Okrój W.\*, Jakubowski W.\*, Przybyszewska I.\*, Pirek M.\*, Komorowski P.\*, Mruklik M.\*, Szymański W.\*, Kosęda P.\*, Walkowiak B.\*\*

\*Instytut Inżynierii Materiałowej Politechnika Łódzka Łódź \*\*Zakład Biofizyki Molekularnej i Medycznej, Uniwersytetu Medycznego, Łódź  
Engineering of Biomaterials 35-36, (2004) 29-32]  
THROMBOCOMPATIBILITY OF NCD LAYERS ON A SURFACE OF TITANIUM ALLOYS

Okrój W. \*, Jakubowski W. \*, Przybyszewska I. \*, Pirek M. \*, Komorowski P. \*, Mruklik M. \*, Szymański W. \*, Kosęda P. \*, Walkowiak B. \*\*

\*Institute of Material Sciences and Engineering, Technical University of Lodz- Poland

\*\*Department of Molecular and Medical Biophysics, Medical University of Lodz, Poland  
Engineering of Biomaterials 35-36, (2004) 29-32]

## WPLYW WARUNKÓW NANOSZENIA NA JAKOŚĆ POWŁOK TLENKU TYTANU OTRZYWANYCH METODĄ ZOL-ŻEL

Leszek Klimek, Bożena Pietrzyk

Instytut Inżynierii Materiałowej

Politechnika Łódzka, ul Stefanowskiego 1/15, 90-924 Łódź

Streszczenie

W niniejszej pracy badano wpływ warunków nanoszenia na jakość powłok tlenku tytanu TiO<sub>2</sub> otrzymywanych metodą zol-żel. Powłoki nanoszono na typowe materiały stosowane na endoprotezy jak stopy Ti, stopy Co, oraz na stal kwasoodporną. Parametrami podlegającymi ocenie były: skład zolu, ilość warstw wchodzących w skład powłoki, oraz warunki suszenia i spiekania poszczególnych warstw (temperatura, czas). Ocenę jakości powłok przeprowadzono za pomocą mikroskopu skaningowego (SEM) i mikroanalizy rentgenowskiej (EDS).

Otrzymane wyniki pozwoliły na ustalenie optymalnego składu zolu, ilości warstw wchodzących w skład powłoki oraz warunków obróbki cieplnej (suszenia i wypalania) powłok TiO<sub>2</sub>.

Engineering of Biomaterials 35-36, (2004) 33-35]

## THE INFLUENCE OF DEPOSITION CONDITIONS ON QUALITY OF TiO<sub>2</sub> COATINGS DEPOSITED BY SOL-GEL METHOD

Leszek Klimek, Bożena Pietrzyk

Institute of Materials Engineering,

Technical University of Łódź,

90-924 Łódź, Stefanowskiego 1, Poland

Abstract

In this paper the influence of deposition parameters on quality of sol-gel TiO<sub>2</sub> coatings was investigated. TiO<sub>2</sub> was coated on typical materials used for endoprosthesis like Ti- and Co alloy and on stainless steel. Evaluated parameters were: chemical composition of sol, number of layers forming the coatings, temperature and time of heat treatment (drying and sintering). Evaluating of coatings quality was made by scanning electron microscopy (SEM) observations and by X-ray microanalysis (EDS). Taken results allow to stipulate the optimal composition of sol, number of layers of coating and terms of heat treatment of TiO<sub>2</sub> coatings.  
Engineering of Biomaterials 35-36, (2004) 33-35]

## CHEMICZNA MODYFIKACJA POWIERZCHNI PROSZKU DIAMENTOWEGO

Pirek M. \*, Okrój W. \*, Przybyszewska I. \*, Jakubowski W. \*,  
Walkowiak B. \*\*

\*Instytut Inżynierii Materiałowej,

Politechnika Łódzka, Łódź

\*\*Zakład Biofizyki Molekularnej i Medycznej,

Uniwersytet Medyczny, Łódź

## Streszczenie

Ze względu na unikalne właściwości fizyko-chemiczne, warstwy krystalicznego węgla znajdują szerokie zastosowanie w różnych dziedzinach. Wysoka biouzgodność umożliwia zastosowanie tych warstw do pokrywania implantów medycznych. Dlatego też istnieje obecnie duże zainteresowanie rozwojem metod modyfikacji powierzchni diamentowych. Pozwalają one na formowanie powłok o nowych właściwościach. W poniższych badaniach przedstawiono próbę modyfikacji proszku diamentowego (DPP - Diamond Powder Particles) polegającą na wytworzeniu na ich powierzchni grup karboksylowych. W badaniach użyto proszków diamentowych, wytworzonych metodą RF PCVD (Radio Frequency Plasma Chemical Vapour Deposition). Proces modyfikacji polegał na reakcji DPP z dwoma silnymi utleniaczami: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i NaClO<sub>3</sub> w atmosferze argonu. Do charakterystyki proszku użyto skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM) i spektroskopu podczerwieni (FTIR). Engineering of Biomaterials 35-36, (2004) 36-39]

## CHEMICAL SURFACE MODIFICATION OF DIAMOND POWDER PARTICLES

Pirek M.\*, Okrój W\*, Przybyszewska I.\*, Jakubowski W.\*, Walkowiak B.\*\*

\*Institute of Material Science and Engineering,  
Technical University of Lodz, Poland

\*\*Department of Molecular and Medical Biophysics,  
Medical University of Lodz, Poland

## Abstract

In view of the unique physico-chemical properties, the crystalline carbon layers are a very attractive materials for different applications. The high biocompatibility enables to use these layers in medicine as a surface which coat implants. That's why a development of surface modifications' methods arouses currently a great interest. These diamond surfaces allow to make a coatings, which possess a new properties. In this study, we attempt to chemical modification of diamond powder particles (DPP) in order to produce carboxylic groups at the surface. In the investigations we used DPP, witch were synthetised by Radio Frequency Chemical Vapour Deposition. The modification consist in reaction of DPP with two strong oxigenators: sulphuric acid and sodium chlorate in atmosphere of argon. Scanning Electron Microscopy and FT-IR were used to characterize the surface of the diamond powder. Engineering of Biomaterials 35-36, (2004) 36-39]

## ELEKTROCHEMICZNE BADANIA KOROZJI BIOMATERIAŁÓW

Barbara Plaskota, Tadeusz Błaszczyk, Andrzej Leniart Henryk Scholl

Katedra Chemii Ogólnej i Nieorganicznej,  
Wydział Fizyki i Chemii, Uniwersytet Łódzki  
ul. Narutowicza 68, 90-136 Łódź, Polska

## Streszczenie

W ostatnich latach, tematyka biomateriałów i materiałów implantowych cieszy się ogromnym zainteresowaniem wielu naukowców. Biomateriały to substancje, które z dużym powodzeniem są stosowane do odbudowywania ubytków organizmu ludzkiego [1]. Problem biotolerancji tych materiałów często sprowadza się do ich odporności korozyjnej w środowisku płynów i tkanek ustroju ludzkiego [2]. Odporność ta uwarunkowana jest przede wszystkim elektrochemiczną naturą korozji - szczególnie w przypadku implantów z metali, stopów, ceramiki i kompozytów. Badania właściwości korozyjnych wymienionych materiałów można prowadzić przez zastosowanie różnorodnych elektrochemicznych technik pomiarowych [3, 4]. W pracy przedstawiono podstawy szeregu elektrochemicznych metod badawczych stosowanych w korozji biomateriałów. Niektóre z tych metod zostały zilustrowane wynikami uzyskanymi w roztworach wodnych dla tytanu i tytanu z warstwą nanokrystalicznego diamentu (NCD) [5].

Słowa kluczowe: metody elektrochemiczne; korozja biomateriałów; parametry korozyjne; tytan; nanokrystaliczny diament (NCD)

Engineering of Biomaterials 35-36, (2004) 40-45]

#### ELECTROCHEMICAL INVESTIGATIONS OF BIOMATERIALS' CORROSION

Barbara Plaskota, Tadeusz Błaszczyk, Andrzej Leniart Henryk Scholl

Department of General and Inorganic Chemistry,

Faculty of Physics and Chemistry, University of Lodz, Narutowicza str. 68, 90-136 Lodz, Poland

#### Abstract

During the recent years implantable biomaterials have drawn great interest of numerous researchers throughout the world. Biomaterials have been used with success as repair materials helping to restore deficient human nature [1]. Biotolerance of these materials is often joined with corrosion resistance in human fluids and tissues [2]. Processes of corrosion resistance with respect to metals, alloys, ceramics and composite materials have electrochemical nature. Investigating the nature of corrosion processes may be accomplished by means of different electrochemical methods [3, 4]. This study presents basics of many electrochemical methods used to explore corrosion of biomaterials. Some of these methods are illustrated by examples of results obtained during investigating of Titanium and Titanium with Nanocrystalline Diamond (NCD) [5] in aqueous media.

Keywords: electrochemical methods; biomaterials corrosion; corrosion parameters; titanium; Nanocrystalline Diamond (NCD)

Engineering of Biomaterials 35-36, (2004) 40-45]

#### BIOMATERIAŁY W NANOELEKTROCHEMII - BADANIA KOROZYJNE TYTANU I TYTANU Z WARSTWAMI NCD

Henryk Scholl\*, Tadeusz Błaszczyk\*,

Piotr Niedzielski\*\*, Jacek Gralewski\*\*

\*Katedra Chemii Ogólnej i Nieorganicznej,

Uniwersytet Łódzki,

ul. Narutowicza 68, 90-136 Łódź, Polska

\*\*Zakład Inżynierii Biomedycznej,

Instytut Inżynierii Materiałowej, Politechnika Łódzka,

ul. Stefanowskiego 1/15, 90-924 Łódź, Polska

#### Streszczenie

W pierwszej części pracy przedstawiono krótką charakterystykę właściwości biomateriałów, w szczególności biomateriałów stosowanych jako implanty ortopedyczne. Biomateriały te głównie oparte są na metalach i stopach metali. Ich korozję można badać stosunkowo łatwo metodami elektrochemicznymi, zarówno w roztworach prostych jak i roztworach modelujących naturalne płyny fizjologiczne (Tyrode'a, Hank'a, i Locke'a).

W drugiej części pracy zaprezentowano wyniki badań korozyjnych Ti oraz Ti z warstwami Nanokrystalicznego Diamentu (NCD) i TiC. Przedstawiono pomiary potencjału korozyjnego w otwartej pętli (OCP), charakterystyk woltamperometrycznych, potencjałów przebicia, charakterystyk impedancyjnych i właściwości topograficznych. Zaproponowano modele granicy faz badane roztwory | próbki Ti i Ti z NCD oraz możliwe reakcje elektrochemiczne przebiegające na takich granicach. Stwierdzono pozytywny wpływ warstw NCD na właściwości korozyjne tak zmodyfikowanego tytanu.

Słowa kluczowe: biomateriały; korozja elektrochemiczna biomateriałów; korozja elektrochemiczna tytanu; korozja elektrochemiczna tytanu z warstwami NCD

Engineering of Biomaterials 35-36, (2004) 45-53]

## BIOMATERIALS IN NANOELECTROCHEMISTRY - CORROSION INVESTIGATIONS OF TITANIUM AND TITANIUM WITH NCD LAYERS

Henryk Scholl\*, Tadeusz Błaszczyk\*,  
Piotr Niedzielski\*\*, Jacek Gralewski\*\*

\*Department of General and Inorganic Chemistry,  
University of Lodz, Narutowicza 68, 90-136 Lodz, Poland

\*\*Division of Biomedical Engineering, Institute of Material Science and Engineering,  
Technical University of Lodz, Stefanowskiego 1/15, 90-924 Lodz, Poland

### Abstract

This paper presents, in its first section, compact characteristics of biomaterials' properties based on behaviour of orthopaedic implants. By choice, orthopaedic implants are produced of different metals or alloys. Their corrosion can easily be investigated by means of different electrochemical methods both in simple and modeling natural physiologic (Tyrode, Hank and Locke) solutions.

Second section discusses corrosion results obtained by investigating Ti, Ti with Nanocrystalline Diamond (NCD) and TiC. Measurements of the corrosion potential in the open loop (OCP), voltammetric characteristics, breakdown potentials, impedance and topography characteristics have been presented. Models of phase boundary investigated solutions | Ti and Ti with NCD samples, and possible electrochemical reactions occurring on such boundaries, have been proposed. Positive interaction of NCD layers on corrosion properties of, in such way modified, Ti have been stated.

Keywords: biomaterials, electrochemical corrosion of biomaterials; electrochemical corrosion of Titanium, electrochemical corrosion of Titanium with NCD layers  
Engineering of Biomaterials 35-36, (2004) 45-53]

## POTENCJAŁ KONTAKTOWY WODA:BIOMATERIAŁ

A. Sokołowska\*, S. Mitura\*, T. Wierzchoń\*\*, P. Niedzielski\*, K. Orlińska\*\*\*, P. Sawosz\*\*\*

\*Instytut Inżynierii Materiałowej,  
Politechnika Łódzka

\*\*Wydział Inżynierii Materiałowej,  
Politechnika Warszawska

\*\*\*Wydział Fizyki, Politechnika Warszawska

### Streszczenie

W pracy przedstawiono wartości potencjału na styku woda i biomateriał (platyna, grafit, stop Ti6Al4V, stop Ti6Al4V / TiN, stop Ti6Al4V / NCD, Si typu "p", Si typu "n"). Wyniki wskazują, że wartość i znak potencjału kontaktowego są wielkościami istotnie charakteryzującymi dany materiał w stanie wyjściowym.

Słowa kluczowe: potencjał kontaktowy, Ti6Al4V, TiN, NCD

Engineering of Biomaterials 35-36, (2004) 54-56]

## CONTACT POTENTIAL WATER : BIOMATERIAL

A. Sokołowska\*, S. Mitura\*, T. Wierzchoń\*\*, P. Niedzielski\*, K. Orlińska\*\*\*, P. Sawosz\*\*\*

\*Institute of Materials Engineering,  
Technical University of Lodz

\*\*Faculty of Materials Engineering,  
Technical University of Warsaw

\*\*\*Faculty of Physics, Technical University of Warsaw

### Abstract

The paper deals with value of potential at the contact : water and biomaterial (Platinum, Graphite, Ti6Al4V / TiN, Ti6Al4V / NCD, Ti6Al4V, Si "p-type", Si "n-type").

The results point out, that the value and the sign of contact potential essentially characterise the material in initial state.

Key words: contact potential, Ti6Al4V, TiN, NCD  
Engineering of Biomaterials 35-36, (2004) 54-56]

## POMIARY PŁYNNOŚCI I MIKROLEPKOŚCI ELEMENTÓW MORFOTYCZNYCH KRWI U OSÓB ZE SZTUCZNĄ ZASTAWKĄ SERCA

Marta Szyller-Tracz, Izabella Żakowska,  
Krzysztof Jóźwik

Politechnika Łódzka, Instytut Maszyn Przepływowych  
Zespół Aparatury Medycznej  
ul. Wólczańska 219/223, 93-005 Łódź, Polska

### Streszczenie

Warstwa Nanokrystalicznego Diamentu (NCD) została wykorzystana w przypadku protez/urządzeń mających kontakt z komórkami krwi (np.: sztuczne zastawki serca). Warstwy węglowe wykazują dobre właściwości biozgodności oraz hemozgodności.

W prezentowanych badaniach użyta została technika spektroskopii elektronowego rezonansu paramagnetycznego (EPR) do pomiarów płynności i lepkości wnętrza elementów morfotycznych, w szczególności erytrocytów. Parametry (opisujące płynność lipidów błonowych) zostały określone na podstawie widm EPR. Zmiany w płynności lipidów błonowych i lepkości wnętrza krwinek czerwonych zostały zbadane przy pomocy spektroskopii EPR przy użyciu znaczników spinowych: trzech kwasów tłuszczowych (kwasów 5-, 12-, 16-doksylostearynowych) oraz Tempaminy.

Celem niniejszej pracy było przedstawienie metod pomiaru parametrów krwinek czerwonych oraz opracowanie statystyczne uzyskanych wyników. Prezentowane metody mogą zostać użyte do zbadania oddziaływań warstwy NCD z komórkami krwi.

Przepływ przez sztuczną zastawkę serca jest związany z występowaniem większych wartości naprężeń ścinających działających na powierzchnię komórek oraz w konsekwencji zmian w strukturze lipidów i białek plazmatycznych. Zmiany w płynności lipidów błonowych krwinek czerwonych (RBC) mogą obniżać ich deformację oraz zwiększać ich agregację, a w konsekwencji mogą prowadzić do zmian właściwości reologicznych krwi ludzkiej.

Słowa kluczowe: sztuczna zastawka serca (AHV), krwinki czerwone (RBC), erytrocyty, płynność lipidów błonowych.

Engineering of Biomaterials 35-36, (2004) 56-61]

### MEASUREMENTS

## OF FLUIDITY AND MICROVISCOSITY OF MORPHOTIC ELEMENTS OF PATIENTS WITH AN ARTIFICIAL HEART VALVE

Marta Szyller-Tracz, Izabella Żakowska,  
Krzysztof Jóźwik

Technical University of Łódź, Institute of Turbomachinery  
Division of Medical Apparatus  
219/223 Wólczańska St. 93-005 Łódź, Poland

### Abstract

Nanocrystalline Diamond Coatings (NCD) have been developed for blood cell contacting-implants/devices (e.g. artificial heart valves). Carbon surfaces have good biocompatibility and haemocompatibility.

In this study the technique of electron paramagnetic resonance (EPR) spectroscopy was used for measurements of fluidity and internal viscosity of morphotic elements, especially erythrocytes. Parameters (describing the membrane lipid fluidity) were determined using EPR spectra. Changes in the membrane lipid fluidity and internal viscosity of red blood cells were

examined by means of EPR spectroscopy using spin labelled: three fatty acids (5-, 12-, 16-doxylstearic acids) and Tempamine.

The aim of this study was to present the method of measurements of red blood cells and the statistical post-processing of the obtained results. These methods could be used to examine interactions between a NCD layer and blood cells.

The blood flow through an artificial heart valve is connected with high values of the shear stress as acting on cell surfaces and, in consequence, by changes in the structure of membrane of lipids and proteins. Changes in plasma membranes of red blood cells (RBC) can decrease their deformation and increase their aggregation and, in consequence can lead to alterations in the rheological properties of human blood.

Key words: artificial heart valve (AHV), red blood cells (RBC), erythrocytes, membrane lipid fluidity.

Engineering of Biomaterials 35-36, (2004) 56-61]

## NANOKRYSTALICZNY DIAMENT (NCD) - NOWY I OBIECUJĄCY MATERIAŁ DO ZASTOSOWAŃ MEDYCZNYCH

Bogdan Walkowiak\*, \*\*, Wiesława Okroj\*,

Iwona Przybyszewska\*, Marta Pirek\*, Witold Szymanski\*, Paweł Kosęda\*, Witold Jakubowski\*

\*Instytut Inżynierii Materiałowej,  
Politechnika Łódzka

\*\*Zakład Biofizyki Molekularnej i Medycznej,

Uniwersytet Medyczny w Łodzi

Streszczenie

Nanokrystaliczny diament (NCD) przejawia szereg interesujących właściwości. Niektóre z nich mogą być atrakcyjne w zastosowaniach biomedycznych. Niniejsze opracowanie dotyczy badań nad anty-oksydacyjnymi właściwościami NCD, jego tożsamością oraz odpornością na powstawanie biofilmu. Badania zrealizowano stosując następujące metody:

1. Obserwacja luminolo-zależnej luminescencji, wywoływanej przez reaktywną formę tlenu (kwas podchlorawy) generowaną przez chloraminę T w osoczu krwi, w obecności proszków diamentowych. Intensywność mierzonej luminescencji jest wprost proporcjonalna do ilości reaktywnych form tlenu w badanym układzie. Stwierdzono, że obecność proszków diamentowych znamienne i w sposób zależny od ich koncentracji wpływała na obniżenie ilości kwasu podchlorawego.

2. Obserwacja adhezji płytek krwi do badanych powierzchni z użyciem skaningowego mikroskopu elektronowego. Wykazano, że płytki krwi tylko w niewielkiej ilości, w porównaniu z powierzchnią stali medycznej, przylegały do powierzchni NCD. Jednak skazy powierzchni NCD były miejscem intensywnej adhezji płytek krwi.

3. □ Obserwacja zasiedlania badanych powierzchni przez komórki E.coli, z zastosowaniem mikroskopu fluorescencyjnego. Pokazano, że bakterie najchętniej kolonizowały powierzchnię stali medycznej 316L. Znacznie słabiej powierzchnię stopu tytanu Ti6Al4V. Najbardziej oporna na kolonizację komórkami E.coli była powierzchnia NCD. Uzyskane wyniki wskazują również na wzrost podatności na kolonizację przez mikroby powierzchni opłaszczanej białkami.

Engineering of Biomaterials 35-36, (2004) 62-67]

## NANOCRYSTALLINE DIAMOND (NCD) - A NEW AND PROMISING MATERIAL FOR MEDICAL APPLICATIONS

Bogdan Walkowiak\*, \*\*, Wiesława Okroj\*,

Iwona Przybyszewska\*, Marta Pirek\*, Witold Szymanski\*, Paweł Kosęda\*, Witold Jakubowski\*

\*Institute of Material Sciences and Engineering,  
Technical University of Lodz, Poland

\*\*Department of Molecular and Medical Biophysics, Medical University of Lodz, Poland  
Abstract

Nanocrystalline diamond (NCD) exhibits several interesting properties. Some of them can be attractive in biomedical applications. This study concerns of research on anti-oxidative properties of NCD, its thrombocompatibility, as well as its resistance to bacterial biofilm formation. Results were obtained using following methods:

1. Observation of luminol-depend luminescence caused by reactive oxygen species (hypochlorous acid) generated by chloramine T in blood plasma, in the presence of diamond powders. The intensity of measured luminescence is directly proportional to the amount of reactive oxygen species in the system. We have found, that presence of diamond powder particles (DPP) significantly and concentration-dependently causes decrease in hypochlorous acid amount.
2. Observation of platelets adhesion to examined surface with use of scanning electron microscopy (SEM). It was proved, that blood platelets adhered to NCD surface only in a very small amount when compared to medical steel surface. However, defects of the NCD surface were the place of intensive platelet adhesion.
3. Observation of colonization of examined surfaces by E.coli cells, was performed with use of fluorescence microscope. It was shown that bacteria colonized predominantly medical steel 316 L surface whereas titanium alloy Ti6Al4V surface was colonized considerably less. NCD surface was the most resistant to E.coli cells colonization. The received results also point higher susceptibility to microbial colonization of surface coated by proteins.

Key words: nanocrystalline diamond, diamond powders, reactive oxygen species, antioxidant, platelet adhesion, microbial colonization, biofilm  
Engineering of Biomaterials 35-36, (2004) 62-67]

## WŁAŚCIWOŚCI WARSTW NCD JAKO POKRYĆ WŁÓKIEN ŚWIATŁOWO DOWYCH W ZALEŻNOŚCI OD PARAMETRÓW PROCESU RF PCVD

M. Śmietana\*, J. Szmidt\*, M. Dudek\*\*, P. Niedzielski\*\*

\*Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki,  
Politechnika Warszawska, Koszykowa 75, 00-665 Warszawa

\*\*Instytut Inżynierii Materiałowej,  
Politechnika Łódzka, Stefanowskiego 1/15, 90-924 Łódź

### Streszczenie

Komunikat przedstawia właściwości pokryć diamentopodobnych otrzymanych w metodzie RF PCVD (Radio Frequency Plasma Chemical Vapour Deposition) na kwarcowych rdzeniach światłowodów typu PCS (Polymer Clad Silica), które mogą być wykorzystane jako głowice czujników. Poruszono problem technologicznego osadzania warstw DLC i NCD na podłożach dielektrycznych oraz opracowano sposób umieszczania próbek w reaktorze i takiego przeprowadzenia procesu, aby otrzymać oczekiwany efekt. Zaprezentowano wpływ parametrów procesu osadzania na transmisję światłowodu. Otrzymane pokrycia można scharakteryzować jako trwałe i cechujące się dobrą adhezją. Wykonano zdjęcia pokryć za pomocą Skaningowego Mikroskopu Elektronowego (SEM) oraz Mikroskopu Sił Atomowych (AFM). Eksperyment dowodzi bardzo wysokiej czułości otrzymanego układu na zmiany wilgotności otoczenia, w tym także w otoczeniu płynów organicznych "in vitro". Czułość ta zależy od długości pokrycia rdzenia warstwą DLC lub NCD oraz od parametrów procesu jej osadzenia. Ze względu na biokompatybilność pokryć NCD układ może znaleźć zastosowania "in vivo".

Słowa kluczowe: Biomedyczne zastosowania DLC i NCD, charakteryzacja warstw DLC i NCD, czujniki światłowodowe, biopokrycia NCD  
Engineering Of Biomaterials 35-36, (2004) 67-71]  
PROPERTIES OF DIAMOND-LIKE CLADDING FOR OPTICAL FIBRES DEPENDING  
ON RF PCVD PROCESS PARAMETERS  
M.Śmietana\*, J. Szmidt\*, M. Dudek\*\*, P. Niedzielski\*\*

\*Institute of Microelectronics and Optoelectronics, Warsaw University of Technology,  
Koszykowa 75, 00-665 Warsaw (Poland)

\*\*Institute of Materials Science and Engineering,  
Technical University of Lodz,  
Stefanowskiego 1/15, 90-924 Łódź (Poland)

#### Abstract

The manuscript presents properties of diamond-like carbon cladding deposited with the Radio Frequency Plasma Chemical Vapour Deposition (RF PCVD) method onto Polymer Clad Silica (PCS) optical fibre, which can be used as a sensing head. A technological subject of depositing diamond-like carbon (DLC) and nanocrystalline diamond (NCD) layers onto dielectric substrates is also raised. An original way of placing samples in a plasma reactor and process taken in order to get a desirable effect were worked out. An influence of deposition process parameters on fibre's transmission is presented. The coats can be characterized by good adhesion and stability. Scanning Electron Microscopy (SEM) and Atomic Force Microscopy (AFM) image posited layer were made. The experiments prove very high sensitivity to humidity. Such a sensor head can also find applications in an "in vitro" organic liquids environment. The sensitivity depends on a length of the uncoated section and deposition process parameters. Considering a biocompatibility of the NCD, presented tool can find "in vivo" applications.

Key words: DLC and NCD biomedical application, DLC and NCD layer characterization, optical fibre sensor, NCD biocoating

Engineering Of Biomaterials 35-36, (2004) 67-71]