

**Prof. Dr hab. inż. Marta Błażewicz**  
Akademia Górniczo-Hutnicza  
Kraków, al. A. Mickiewicza 30.

Kraków 21.11.2017.

## **RECENZJA**

**dorobku naukowego i monografii pod tytułem;**

***Zjawiska powierzchniowe na podłożach tytanowych z powłoką SiO<sub>2</sub> w układzie krwionośnym***

**Pana dr inż. Witolda Walke**

Recenzja została opracowana na podstawie dokumentacji, zawierającej następujące materiały służące do jej wykonania:

-autoreferat Habilitanta, spis publikacji oraz monografię, stanowiącą podstawę do ubiegania się o stopień naukowy wraz z informacjami o osiągnięciach organizacyjnych, dydaktycznych i współpracy naukowej.

### **1. Uwagi ogólne**

Pan dr inż. Witold Walke ukończył studia magisterskie na Wydziale Mechanicznym Technologicznym, Politechniki Śląskiej. Promotorem pracy magisterskiej Habilitanta pt.; *Wyznaczenie charakterystyki biomechanicznej układu naczynie wieńcowe -stent z wykorzystaniem metody elementów skończonych*, był prof. dr hab. inż. Jan Marciniak. Tytuł doktora nauk technicznych w dziedzinie inżynierii materiałowej uzyskał Habilitant na Wydziale Mechanicznym, Technologicznym, Politechniki Śląskiej, przedstawiając rozprawę zatytułowaną; *Własności fizykochemiczne stopu Co-Cr-W-Ni przeznaczonego na stenty stosowane w angioplastyce wewnątrznaczyniowej*, której promotorem był również profesor dr hab. inż. Jan Marciniak. Praca doktorska, dr inż. Witolda Walke została wyróżniona decyzją Rady Wydziału Mechanicznego, Technologicznego, Politechniki Śląskiej. Habilitant

ukończył ponadto studia podyplomowe, prowadzone w Akademii Górniczo Hutniczej; Biomateriały, Materiały dla Medycyny oraz w Wyższej Szkole Ekonomii i Innowacji w Lublinie; Menadżer Badań Naukowych i Prac Rozwojowych. Ukończył również Studium Doskonalenia Pedagogicznego Nauczycieli Akademickich na Politechnice Śląskiej.

W roku 2006 Habilitant rozpoczął pracę jako adiunkt na Wydziale Mechanicznym, Technologicznym, Politechniki Śląskiej, w Instytucie Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych. Aktualnie jest adiunktem naukowo-dydaktycznym w Katedrze Biomateriałów i Inżynierii Wyrobów Medycznych na Wydziale Inżynierii Biomedycznej, Politechniki Śląskiej.

## **2. Działalność naukowa**

Dorobek naukowy Habilitanta związany jest z dziedziną inżynierii biomedycznej, jest to dorobek obszerny i spójny tematycznie, który znacząco powiększył się po uzyskaniu stopnia doktora.

Praca magisterska pana dr. inż. Witolda Walke dotyczyła charakterystyki mechanicznej układu stent/naczynie krwionośne i ta właśnie tematyka, związana zwłaszcza z implantami dla układu krwionośnego, zajmuje wiodącą pozycję w dorobku Habilitanta. W ramach pracy doktorskiej Habilitant zajmował się również tematyką stentów wieńcowych, a jednocześnie uczestniczył w ramach projektów, w badaniach innego rodzaju rozwiązań materiałowych z dziedziny inżynierii biomedycznej.

Zważywszy tematykę prac badawczych w jakich uczestniczył Habilitant można stwierdzić, że eksplorował wszystkie istotne zagadnienia, związane z wytwarzaniem, badaniami i aplikacją implantów metalicznych, a jego wkład w dziedzinę inżynierii biomedycznej, zwłaszcza w obszarze charakterystyki materiałowej jest niepodważalny.

Habilitant prowadził prace związane, zarówno z modyfikacją powierzchni metali, które charakteryzował złożonymi narzędziami elektrochemii, zajmował się nowoczesnymi metodami w zakresie właściwości mechanicznych implantów, w połączeniu z metodami numerycznymi oraz zagadnieniami, związanymi z reakcją środowiska biologicznego na materiały syntetyczne.

Habilitanta wyróżnia duża aktywność publikacyjna, o czym świadczą liczne artykuły, których jest współautorem (wielokrotnie pierwszym autorem). Wśród publikacji pana dr inż. Witolda Walke znajduje się szereg artykułów (również publikowanych w czasopismach indeksowanych), które ilustrują zakres jego zainteresowań badawczych, potwierdzają wysoki poziom naukowy jego prac. Są to między innymi artykuły, w których wkład

Habilitanta polegał na wykonaniu badań numerycznych i eksperymentalnych stentów (*Journal of Materials Processing Technology*), prowadzeniu i interpretacji badań potencjometrycznych, impedancyjnych (*Archives of Metallurgy and Materials, Electrical Review, European Cell and Materials*), przygotowaniu nowych rozwiązań metodycznych modyfikacji powierzchni, badaniach spektroskopii elektronowej, czy całościowej analizie właściwości fizykochemicznych i elektrochemicznych implantów tytanowych (*Materials Science and Engineering, Surface Coating and Technology*).

Na szczególne wyróżnienie zasługują prace Autora, w których zajmował się wpływem metod sterylizacji na właściwości powłok nanoszonych na metale w których równocześnie analizował ich właściwości biologiczne.

Na dorobek Habilitanta składają się w sumie 282 publikacje, w tym 64 w czasopismach indeksowanych. Są to czasopisma, w znacznym stopniu o stosunkowo niskim IF (0,2 – 0,7), jak również są i takie, których IF jest znacząco wyższy. Wśród publikacji Autora znajdują się liczne rozdziały w monografiach, zarówno o zasięgu krajowym, jak i zagranicznym. Na szczególne wyróżnienie zasługuje współautorstwo 4 rozdziałów w monografii; *Information Technologies in Biomedicine*, wydanej przez wydawnictwo Springer-Verlag w Berlinie w 2008 roku (materiały konferencji -5th International Conference, ITIB Kamień Śląski 2008).

Habilitant znaczną część swoich badań prowadził w ramach projektów, których kilkakrotnie był kierownikiem lub wykonawcą. Habilitant intensywnie angażuje się w podnoszenie swoich kwalifikacji w ramach licznych kursów i staży, które odbywał zarówno w jednostkach leczniczych, jak i zakładach produkcyjnych, związanych z medycyną. Jego doświadczenie zawodowe sprawiło, że był autorem lub współautorem wielu ekspertyz z dziedziny inżynierii biomedycznej, jak również został ekspertem w Regionalnym Programie Operacyjnym Województwa Śląskiego 2014-2020. Działania badawcze Habilitanta sprawiły, że był kilkakrotnie wyróżniany nagrodami Rektora PŚ. jak i nagrodą zespołową Marszałka Województwa Śląskiego, Inowator 2011.

Współczynnik Hirsha Habilitanta to 10 wg. bazy Web od Science, natomiast ilość cytowań wynosi 239, a bez autocytowań 139.

### **3. Analiza osiągnięć naukowych, stanowiących podstawę wniosku habilitacyjnego**

Przedmiotem oceny jest monografia zatytułowana;

#### ***Zjawiska powierzchniowe na podłożach tytanowych z powłoką SiO<sub>2</sub> w układzie krwionośnym.***

Monografia autorstwa dr. inż. W składa się z dwóch podstawowych części, a mianowicie; przeglądu literatury oraz opisu własnych badań, związanych z hemokompatybilnością implantów tytanowych. Na wyróżnienie zasługuje wysoka ilość cytowanych prac, do których Autor odnosi się w części literaturowej, jak i w dyskusji uzyskanych przez siebie wyników.

Autor rozpoczyna monografię od wstępu, w którym oprócz pewnych dywagacji nie merytorycznych, przestawia z jednej strony wysoką wagę tematyki zawartej w monografii, z drugiej wskazuje na istotne braki w badaniach i wytwarzaniu materiałów biomedycznych, przeznaczonych do kontaktu z krwią. Należy się w pełni zgodzić ze stanowiskiem Habilitanta, które jest zbieżne między innymi z poglądami B. Ratnera, który w roku 2010 opublikował w czasopiśmie *Biomaterials* artykuł pt; *The Catastrophe Revisited -Blood Compatibility in the 21<sup>st</sup> Century*. Autor ten w wielu innych publikacjach, kluczowych z punktu widzenia inżynierii biomateriałów, wielokrotnie pisał o braku podstawowej definicji pojęcia; „*hemocompatibility*”, wskazywał, że pomimo ogromnego rozwoju inżynierii materiałowej, od kilkudziesięciu lat stosowane są te same rozwiązania materiałowe w dziedzinie kardiochirurgii. Podobne opinie znaleźć można w wielu publikacjach np. artykule zatytułowanym *Obstacles in Haemocompatibility Testing (Scientifica 2013)*, autorstwa W. van Oeverena z kliniki kardiochirurgicznej w Groningen, który próbuje znaleźć przyczyny tego rodzaju trudności i łączy je nie tyle z właściwościami materiałów, ale głównie z charakterem badań biologicznych. Wskazuje, że sama natura ciekłej tkanki łącznej jest niezwykle złożona, ulegająca zmianom dynamicznym i równocześnie zależna od wielu czynników, które na ogół nie są brane pod uwagę w tego rodzaju testach, co testy hemozgodności materiałów.

Zgodnie z tym co pisze Autor monografii, przyczyny takiego stanu rzeczy, związane są zarówno ze stroną materiałową, jak i biologiczną tego problemu. Teza jaką stawia Autor wskazuje, że jedynie bardzo złożona i dogłębna analiza materiału wraz z zastosowaniem szerokiego spektrum badań biologicznych to właściwa droga do postępu w dziedzinie materiałów biozgodnych z krwią. Takie stwierdzenie jest oczywiście słuszne, bowiem podstawowy paradygmat inżynierii biomateriałów każe łączyć właściwości materiałowe z ich

wpływem na określone cechy tkanek i komórek. Natomiast cel, jaki stawia sobie Autor, wynika z przekonania, że w badaniach materiałów nie przywiązuje się wagi do szeregu właściwości powierzchni i często pomija się je w badaniach, a mogą mieć one istotny wpływ na właściwości biologiczne materiałów.

Cześć literaturowa dotyczy w pierwszej kolejności zagadnień, związanych z układem krwionośnym i opisem zjawisk, mających miejsce w kontakcie syntetycznej powierzchni z materiałem. Autor przedstawia podstawowe reakcje, prowadzące do powstania skrzepu i podejmuje próbę łączenia tego zjawiska z właściwościami powierzchni syntetycznej, pozostającej w kontakcie z tkanką ciekłą. Habilitant nie tylko wskazuje na właściwości powierzchni, które mają decydujący wpływ na odpowiedź biologiczną, pisze również o brakach, jakie występują w badaniach biomateriałów dla kontaktu z krwią z wieloma postulowanymi przez Autora przyczynami problemów, dotyczących hemokompatybilności, trudno się nie zgodzić, zwłaszcza, że Autor popiera je odpowiednimi pozycjami literaturowymi, dotyczącymi tej właśnie tematyki.

Przedmiotem badań własnych Autora są warstwy  $\text{SiO}_2$  nanoszone na implanty tytanowe; cpTi(Grade4) i Ti-6Al-7Nb metodą zol-żel. Tytan od wielu lat stosowany jest w medycynie głównie w ortopedii i stomatologii, jak i w kardiochirurgii, modyfikacjom powierzchni tytanu poświęcono bardzo wiele prac, zwłaszcza w zakresie różnych rodzajów powłok, które istotnie podnoszą właściwości użytkowe implantów tytanowych. Metoda zol-żel często stosowana jest w modyfikacji materiałów implantacyjnych, popularne są również powłoki  $\text{SiO}_2$  wytwarzane z TEOSu i zoli o złożonym składzie powłoki, które na ogół indukują procesy mineralizacji, i które znajdują liczne zastosowania. Badania Habilitanta dotyczące metody zol żel, doprowadziły do wytworzenia powłok w różnych warunkach, różniących się istotnie właściwościami korozyjnymi, mechanicznymi i adhezyjnymi, co pozwoliło na wytypowanie najlepszych rozwiązań materiałowych z punktu widzenia planowanych zastosowań. Schemat badań, jaki został zamieszczony na początku tej części pracy jest typowy dla badań, prowadzonych w dziedzinie inżynierii biomateriałów, natomiast cenną i wyróżniającą jego cechą jest dobór metod i narzędzi fizykochemii ciała stałego, jaki został zastosowany do badań. Istotne i zapewne zasługujące na wyróżnienie jest poszukiwanie korelacji pomiędzy poszczególnymi cechami materiałowymi, a odpowiedzią biologiczną w zakresie biozgodności z tkanką ciekłą. Charakterystyka powłoki  $\text{SiO}_2$  została przeprowadzona w bardzo szerokim zakresie, rzadko stosowanym w ocenie biomateriałów i zawiera oryginalne podejście do analizy warstw nanoszonych na metale i stopy.

Badania fizykochemiczne warstw krzemionkowych naniesionych na podłoża z tytanu i jego stopu dotyczą złożonych badań odporności na korozję, analizę składu chemicznego, struktury powłoki, jej topografię oraz badania mechaniczne. Do analizy powłok Habilitant wykorzystuje spektroskopię impedancyjną, elipsometrię analizuje właściwości magnetyczne oraz swobodną energię powierzchniową wraz z jej składowymi. Należy dodać, że oprócz warstw krzemionkowych Autor poddaje badaniom, również te warstwy, po procesie sterylizacji w tlenku etylenu lub w parze wodnej. Badania takie są w pełni uzasadnione, a niestety często pomijane w badaniach biomateriałów. Autor monografii szczegółowo analizuje wpływ każdej z metod sterylizacji na właściwości warstw i analizuje zmiany, jakie indukuje sterylizacja w powłokach nanoszonych na tytan. W drugiej części badań własnych Habilitant przedstawia i omawia badania biologiczne. Badania biologiczne powłok wykonane zostały w Fundacji Rozwoju Kardiochirurgii im. Prof. Zbigniewa Religi. Obejmowały testy normowe wg. ISO 10993, rozbudowane o szereg oryginalnych analiz, dotyczących reakcji morfotycznych elementów krwi na obecność materiału syntetycznego. Oceniano, między innymi trombogenność powierzchni w warunkach dynamicznych, stosując dodatkowo test Impact-R, pozwalający na ocenę funkcji płytek, badano hemolizę oraz wykonano podstawowe testy dotyczące cytotoksyczności.

Wyniki prezentowane przez Autora jednoznacznie wskazują na szereg atrakcyjnych cech warstw krzemionkowych, naniesionych na podłoża tytanowe. Materiały posiadają właściwości paramagnetyczne, odpowiednią dla kontaktu z krwią chropowatość, są odporne na korozję, a testy biologiczne wskazują, że mogą być zaliczone do grupy materiałów o właściwościach atrombogenicznych. Jednakże cennym aspektem monografii jest, nie tyle rodzaj opracowanych w ramach badań powłok, co pewien oryginalny sposób podejścia do analizy materiałów implantacyjnych, zapewniających odpowiednie dla danego zastosowania właściwości. Zaprezentowane w pracy podejście do skomplikowanego zagadnienia, jakim są materiały atrombogeniczne, polegające na ich rozbudowanej charakterystyce fizykochemicznej na pewno stanowi istotny przyczynek do wiedzy w dziedzinie inżynierii biomedycznej.

Niemniej jednak, jak to się zdarza w dużych opracowaniach o charakterze interdyscyplinarnym, Autor monografii nie ustrzegł się szeregu błędów i nieścisłości. Na przykład; ostatni rozdział przeglądu literatury zatytułowany jest; *Powłoki krzemowe stosowane do kontaktu z krwią*, jego tytuł całkowicie różni się z zawartością merytoryczną, żaden z cytowanych artykułów nie dotyczy bowiem materiałów dla kardiochirurgii, tylko do osteosyntezy, warstwy jakie opisuje Autor to powłoki krzemionkowe, a nie krzemowe. Natomiast jedna z publikacji, na którą się powołuje (*E. Nie i współautorzy, Journal of*

*Materials Chemistry 2014*) dotyczy kompatybilności różnego rodzaju grup funkcyjnych, nanoszonych na substrat krzemowy. Podobnie w rozdziale zatytułowanym *Badania mikrostrukturalne* Autor monografii wymienia metody, które nie służą ocenie mikrostruktury materiału, a mianowicie FTIR/ATR, spektroskopie Ramana czy badania dyfrakcyjne XRD. Szereg błędów popełnił również Habilitant w rozdziale dotyczącym analizy Ramanowskiej, pasma w widmie krzemionki zostały przepisane pasmom krzemu (amorficzne i krystaliczne) podobnie jak publikacja, stanowiąca odnośnik literaturowy, związany z interpretacją widm, dotyczy innych zagadnień niż te wymienione w opisie.

Habilitant wskazuje na początku omówienia wyników, że znaczna ich część została już opublikowana w kilkunastu publikacjach, których jest współautorem, można zatem monografię traktować w pewnej jej części, jako komentarz do badań, prowadzonych wcześniej, niemniej jednak nieuprawnione jest nie podawanie odnośników literaturowych przy prezentowanych, a wcześniej już publikowanych wynikach badań, a niestety ma to miejsce w recenzowanej monografii.

Część pracy, związana z badaniami biologicznymi, zasługuje na pewno na akceptację, zwłaszcza, że wszystkie wyniki poddawane są analizie statystycznej, niestety jednak wartość tej części monografii obniża słaba jakościowo i bardzo niewielka dokumentacja fotograficzna. Zwraca uwagę również fakt, że pomimo, iż Autor wielokrotnie wspomina o kluczowej roli adhezji białek krwi do powierzchni materiału syntetycznego i wskazuje ich rolę w kaskadzie procesów, przebiegających na powierzchni implantu, nie prezentuje w pracy badań adhezji białek np. fibrynogenu czy albuminy. Te stosunkowo proste badania na ogół wiele wnoszą do badań cech atrombogenicznych materiałów. Wartość tej części pracy byłaby znacząco wyższa gdyby w badaniach biologicznych zastosowano próbki kontrolne, np. materiały o uznanej atrombogeniczności oraz materiały indukujące powstawanie skrzepów. W podsumowaniu należy stwierdzić, że pomimo, iż przedstawione powyżej uwagi w jakimś stopniu, obniżają wartość monografii to jednak niezaprzeczalnie wnosi ona cenny wkład w jeden z najtrudniejszych obszarów inżynierii biomateriałów jakim są materiały, przeznaczone do kontaktu z krwią.

#### **4. Działalność dydaktyczna i organizacyjna**

Habilitant prowadzi dydaktykę na kilku wydziałach Politechniki Śląskiej. Prowadzi zajęcia laboratoryjne, projektowe, jak i wykład, sprawował też opiekę nad pracami projektowymi, inżynierskimi i magisterskimi. Prace dyplomowe, których był promotorem były kilkakrotnie nagradzane w konkursach o zasięgu ogólnopolskim. Wiele z zajęć dydaktycznych zostało przez niego samodzielnie opracowanych. Tematyka zajęć jest

rozległa, dotyczy zarówno podstaw inżynierii materiałowej, jak i automatyki i robotyki, uległa ona zmianie wraz z przejściem Habilitanta na wydział Inżynierii Biomedycznej i związana jest z wieloma aspektami tej dziedziny. Wśród zajęć, prowadzonych przez pana dr inż. Witolda Walke są, takie jak; Metody badań biomateriałów, Implanty, Komputerowe wspomaganie projektowania wyrobów medycznych, Technologia obróbki powierzchniowej, Grafika Komputerowa i wiele innych. Są to przedmioty nowoczesne i bardzo ważne z punktu widzenia edukacji inżyniera materiałowego, czy biomateriałowego.

Habilitant w swojej działalności dydaktycznej nie ogranicza jedynie do zajęć uczelnianych, był twórcą dwóch kół naukowych na wydziałach Politechniki Śląskiej, zorganizował i kierował kursem dla kierowników i pracowników centralnych sterylizatori, na temat biomateriałów dla ortopedii i stomatologii. Prowadził również plenarne wykłady edukacyjne na konferencjach naukowych i zjazdach. Działalność dydaktyczna pana dr inż. Witolda Walke została wyróżniona trzykrotnie nagrodami Rektora P.Ś.

Nie tylko działalność dydaktyczna Habilitanta zasługuje na wyróżnienie, również jego zaangażowanie w sprawy wydziału, uczelni i szereg prac, projektów o charakterze organizacyjnym należy uznać za nieprzeciętne. Pan dr inż. Witold Walke wielokrotnie pracował w komitetach organizacyjnych konferencji krajowych i międzynarodowych, udzielał się w pracach, związanych z popularyzacją wiedzy, organizacją warsztatów, konferencji czy spotkań środowisk biznesowych, medycznych, zainteresowanych dziedziną inżynierii biomedycznej.

Od roku 2011 pełni funkcję administratora Wydziału Inżynierii Biomedycznej ds. bazy Ekspertów, Aparatury i Technologii. Aktualnie habilitant zaangażowany jest w działania, związane z realizacją projektu Regionalny Program Operacyjny na lata 2014-2020 – Śląskie Centrum Inżynierskiego Wspomagania Medycyny i Sportu. W trakcie swojej pracy na Wydziale Inżynierii Biomedycznej P.Ś. wielokrotnie angażował się w organizacje laboratoriów, pozyskiwał środki na sprzęt i aparaturę, pełnił rolę opiekuna i kierownika laboratoriów. Jest członkiem konsorcjum Śląska Bio-Farma – Centrum Biotechnologii Bioinżynierii i Bioinformatyki, członkiem sekcji Biomateriałów, komitetu Nauki o Materiałach PAN oraz członkiem Stowarzyszenia Biomateriałów.

## **5. Wniosek końcowy**

Na podstawie oceny dokumentów i monografii, dotyczących pana dr inż. Witolda Walke uważam, że jego dorobek naukowy cechuje oryginalność koncepcji badawczych, odpowiedni poziom prowadzonych eksperymentów. Zwłaszcza dotychczasowe osiągnięcia



naukowe Habilitanta, jak i monografia, uzasadniają ubieganie się o stopień naukowy doktora habilitowanego i spełniają wymogi ustawy o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz o Stopniach Naukowych i Tytule w zakresie Sztuki z dnia 14.03.2003 (Dziennik Ustaw z 2016 r. poz. 882 i 1311).

**Z powyższych względów stawiam wniosek do Rady Naukowej Instytutu Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej im. Macieja Nałęcza Polskiej Akademii Nauk o dopuszczenie dr inż. Witolda Walke do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.**

