
AUTOREFERAT PRZEDSTAWIAJĄCY OPIS DOROBKU
I OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH
DR INŻ. MIROSŁAW BRAMOWICZ

OLSZTYN 2018

Bramowicz

Spis treści

1. Charakterystyka habilitanta	4
1.1. Życiorys naukowy	4
1.2. Syntetyczna charakterystyka dotychczasowych osiągnięć naukowo badawczych	6
2. Wskazanie osiągnięcia naukowego	7
2.1. Tytuł osiągnięcia naukowego	8
2.2. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego	8
2.3. Zestawienie bibliometryczne publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego	11
2.4. Charakterystyka znaczącego osiągnięcia naukowego	11
2.4.1. Wstęp	11
2.4.2. Cel naukowy	13
2.4.3. Osiągnięte wyniki	13
2.4.4. Podsumowanie szczególnego osiągnięcia naukowego	30
2.5. Opis działalności naukowej przed uzyskaniem stopnia doktora	32
2.6. Opis działalności naukowej po uzyskaniu stopnia doktora	33
2.7. Działalność dydaktyczna i organizacyjna	36
2.8. Nagrody i wyróżnienia	37
3. Wykaz publikacji powstałych przed uzyskaniem stopnia doktora	38
3.1. Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR)	38
3.2. Publikacje powstałe przed uzyskaniem stopnia doktora opublikowane w materiałach z konferencji ujętych w bazie WoS	38
3.3. Pozostałe publikacje powstałe przed uzyskaniem stopnia doktora	39
4. Wykaz pozostałych publikacji niewchodzących w skład szczególnego osiągnięcia naukowego, powstałych po uzyskaniu stopnia doktora	40
4.1. Pozostałe publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR)	40
4.2. Pozostałe publikacje opublikowane w materiałach z konferencji ujętych w bazie Web of Science	42
4.3. Pozostałe publikacje w czasopismach umieszczonych na liście B wykazu czasopism punktowanych MNISW powstałe po uzyskaniu stopnia doktora	42

4.4. Rozdziały w monografiach powstałe po uzyskaniu stopnia doktora	44
5. Wystąpienia i prezentacje konferencyjne	45
5.1. Wystąpienia i prezentacje konferencyjne przed uzyskaniem stopnia doktora	45
5.2. Wystąpienia i prezentacje konferencyjne po uzyskaniu stopnia doktora	45

1. Charakterystyka habilitanta

1.1. Życiorys naukowy

Dane osobowe:

<i>Imię i nazwisko:</i>	Mirosław Bramowicz
<i>Data i miejsce urodzenia:</i>	18 marca 1974r., Płock
<i>Miejsce pracy:</i>	Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie Wydział Nauk Technicznych
<i>Stopień naukowy:</i>	doktor nauk technicznych
<i>e-mail:</i>	mirosław.bramowicz@uwm.edu.pl

Posiadane dyplomy, stopnie naukowe:

- Doktor nauk technicznych w zakresie inżynierii materiałowej: 2008r.
 - Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, Wydział Nowych Technologii i Chemii
 - Temat rozprawy doktorskiej: *Analiza morfologii struktury martenzytycznej w stopie Ni-Mn-Ga z magnetyczną pamięcią kształtu*
 - Promotor: prof. dr hab. inż. Teodor Breczko
- Magister inżynier: 2001r.
 - Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauk Technicznych,
 - Kierunek: Mechanika i budowa maszyn
 - Specjalność: Budowa i eksploatacja maszyn
 - Temat pracy dyplomowej: *Projekt i wykonanie stanowiska do badania próbek piezoelektryka na mikroskopie sił atomowych*
 - Promotor: prof. dr hab. inż. Teodor Breczko
- Inżynier: 1998r.

- Akademia Rolniczo-Techniczna w Olsztynie (późniejsza nazwa Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie)
- Wydział Mechaniczny
- Kierunek: Mechanika i budowa maszyn
- Specjalność: eksploatacja pojazdów i maszyn
- Temat pracy dyplomowej: *Laserowa amorfizacja warstwy wierzchniej*
- Promotor: prof. dr hab. inż. Teodor Breczko

Dotychczasowe zatrudnienie

- 01.11.2008 – nadal
 - Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauk Technicznych, Katedra Technologii Materiałów i Maszyn
 - Stanowisko: adiunkt
- 01.10.2007-01.11.2008
 - Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauk Technicznych, Katedra Fizyki Metali i Nanotechnologii
 - Stanowisko: Specjalista
- 01.10.2002-01.10.2007
 - Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauk Technicznych, Katedra Fizyki Metali i Nanotechnologii
 - Stanowisko: Starszy technik
- 1999-2002
 - Milfor S.A
 - Stanowisko: Specjalista ds. zapewnienia jakości

1.2. Syntetyczna charakterystyka dotychczasowych osiągnięć naukowo-badawczych

L.p.	Osiągnięcia naukowo-badawcze	Przed uzyskaniem stopnia doktora	Po uzyskaniu stopnia doktora	Łącznie
1.	Liczba publikacji znajdujących się w bazie <i>Thomson Reuters Web of Science</i>	4	27	31
2.	Liczba pozostałych publikacji	16	23	39
3.	Całkowita liczba cytowań według <i>Thomson Reuters Web of Science</i>	219		
4.	Całkowita liczba cytowań (z wyłączeniem autocytowań) według <i>Thomson Reuters Web of Science</i>	137		
5.	Indeks Hirscha według <i>Thomson Reuters Web of Science</i>	8		
6.	Sumaryczny Impact Factor opublikowanych dotychczas artykułów w czasopiśmie wyróżnionych w <i>Journal Citation Reports</i> indeksowanych przez <i>Thomson Reuters Web of Science</i>	59,408		
7.	Sumaryczny Impact Factor osiągnięcia, o którym mowa w art.16, ust.2, ustawy z dnia 14 marca 2003 r.	22,069		
8.	Całkowita liczba cytowań według <i>Google Scholar</i>	354		
9.	Indeks Hirscha według <i>Google Scholar</i>	11		
10.	Wnioski o finansowanie badań naukowych (w tym przyznanych)	0	2	2 (0)
11.	Kierowanie i udział w projektach badawczych MNiSW/NCN/NCBiR	0	0	0
12.	Udział w zagranicznych projektach badawczych	0	2	2
13.	Prezentacja wyników badań na konferencjach naukowych	1	9	10

14.	Nagrody i wyróżnienia za działalność w dziedzinie naukowej i dydaktycznej	0	7	7
14.	Recenzje publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych	0	5	5
15.	Recenzje prac inżynierskich i magisterskich	0	7	7
16.	Kierowanie pracami dyplomowymi	0	18	18
17.	Wykłady popularyzatorskie	1	5	6

2. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65, poz.595 ze zm.):

Zgodnie z powyższą ustawą jako osiągnięcie naukowe wybrałem jednotematyczny cykl 10 publikacji (w kolejności chronologicznej), których jestem współautorem. Spośród nich, 9 prac ukazało się w czasopismach posiadających Impact Factor (IF), indeksowanych w bazie Journal Citation Reports (JCR), natomiast 1 praca została opublikowana w materiałach z konferencji indeksowanej w bazie Web of Science (WoS). W 3 pracach jestem pierwszym współautorem, w 6 drugim i w 1 trzecim. Wartość sumarycznego wskaźnika IF ocenianych publikacji wynosi 22,069, natomiast łączna ilość punktów zgodnie z wykazem Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego obowiązującym w roku ukazania się publikacji wynosi 295. Uwzględniając udziały własne sumarycznego IF oraz łącznej liczby punktów MNiSW wynoszą one odpowiednio: 10,0284 i 128,75. Na chwilę obecną wg bazy WoS przedłożone publikacje uzyskały 130 cytowań.

2.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Badanie charakterystyk przestrzennego ukształtowania i właściwości warstwy wierzchniej bio- i nanomateriałów.

2.2. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego

Publikacje w materiałach z konferencji ujętych w bazie Web of Science

- P1. **M. Bramowicz**, S. Kulesza, T. Lipiński, P. Szabracki, P. Piatkowski, *Fractal Analysis of AFM Data Characterizing Strongly Isotropic and Anisotropic Surface Topography*, Solid State Phenomena, Vols. 203-204 (2013), Editors: Danuta Stróż and Grzegorz Dercz, ISBN-13: 978-3-03785-754-0, 2013, pp.86-89. (10pkt. / poz. 2054B Wg MNISW 2013 ISSN 1012-0394).

Mój udział procentowy w powstanie tej pracy szacuję na 60%. Polegał on na opracowaniu koncepcji i planu eksperymentu, przeprowadzeniu pomiarów AFM, przeprowadzeniu analiz fraktalnych, współudziale w opracowaniu wniosków. Przygotowałem odpowiedzi na uwagi Recenzentów oraz prowadziłem korespondencję z redakcją czasopisma.

Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR)

- P2. **M. Bramowicz**, S. Kulesza, P. Czaja, W. Maziarz, *Application of the autocorrelation function and fractal geometry methods for analysis of MFM images*, Archives of Metallurgy and Materials, Vol.59, Issue 2, pp.451-457 (2014), DOI: 10.2478/amm-2014-0075 (25pkt./poz.A998_2014) **IF_2014=1.09**

Mój udział procentowy w powstanie tej pracy szacuję na 70%. Polegał on na: opracowaniu koncepcji i planu eksperymentu, przeprowadzeniu pomiarów MFM, numerycznej analizie map pola magnetycznego emitowanego z obszarów spontanicznie namagnesowanych na powierzchni badanej stali. Opracowałem również wstępną wersję tekstu, współuczestniczyłem w opracowaniu wniosków oraz prowadziłem korespondencję z redakcją.

- P3. S. Kulesza, **M. Bramowicz**, *A comparative study of correlation methods for determination of fractal parameters in surface characterization*, Applied Surface Science, Vol.293 pp.196-201 (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2013.12.132> (35pkt./poz. A923_2014) **IF_2014=2.711**

Mój udział procentowy w powstanie tej pracy szacuję na 40%. Polegał on na: współudziale w przeprowadzeniu pomiarów AFM, przeprowadzeniu 4 metodami numerycznych analiz fraktalnych topograficznych map badanych powierzchni. Na potrzeby niniejszej pracy, w celu weryfikacji metod opracowałem na podstawie

modelu Yan'a – Komvopoulos'a skrypt generujący modelowe powierzchnie fraktalne. Opracowałem także wnioski dotyczące przeprowadzonych przeze mnie analiz.

- P4. S. Talu, **M. Bramowicz**, S. Kulesza, A. Shafiekhani, A. Ghaderi, F. Mashayekhi, S. Solaymani, *Microstructure and Tribological Properties of FeNPs@a-C:H Films by Micromorphology Analysis and Fractal Geometry*, Industrial & Engineering Chemistry Research, Volume 54, Issue 33, pp 8212–8218 (2015), ISSN 0888-5885, DOI: 10.1021/acs.iecr.5b02449, (35pkt./poz.A4660_2015) **IF_2015=2.567**

Mój udział procentowy w powstanie tej pracy szacuję na **40%**. Polegał on na: wysunięciu koncepcji zastosowania metod numerycznych w celu scharakteryzowania struktury geometrycznej powierzchni oraz właściwości funkcjonalnych osadzanych warstw. Przeprowadziłem analizę uzyskanych wyników, opracowałem wnioski oraz odpowiedzi na uwagi Recenzentów dotyczące przeprowadzonej przeze mnie części badawczej.

- P5. **M. Bramowicz**, L. Braic, F. Ak Azem, S. Kulesza, I. Birlik, A. Vladescu, *Mechanical properties and fractal analysis of the surface texture of sputtered hydroxyapatite coatings*, Applied Surface Science Vol. 379, pp. 338-346, (2016), doi:10.1016/j.apsusc.2016.04.077, (35pkt./poz.A933_2015) **IF_2015=3.15**

Mój udział procentowy w powstanie tej pracy szacuję na **60%**. Polegał on na: wysunięciu koncepcji zastosowania metody fraktalnej w analizie procesu osadzania warstw hydroksyapatytu, opisie morfologii powstających powierzchni, analizie numerycznej (statystycznej i fraktalnej) osadzanych warstw. Opracowałem również wnioski oraz odpowiedzi na uwagi Recenzentów dotyczące przeprowadzonej przeze mnie części badawczej.

- P6. S. Talu, **M. Bramowicz**, S. Kulesza, A. Ghaderi, V. Dalouji, S. Solaymani, Z. Khalaj, *Microstructure and Micromorphology of Cu/Co Nanoparticles: Surface Texture Analysis*, Electronic Materials Letters, Volume 12, Issue 5, pp. 580-588 (2016), DOI: 10.1007/s13391-016-6036-y (30pkt./poz.A3160_2015) **IF_2015=2.057**

Mój udział procentowy w powstanie tej pracy szacuję na **30%**. Polegał on na: wysunięciu koncepcji zastosowania metod numerycznych w celu scharakteryzowania osadzanych warstw, przeprowadzeniu analizy fraktalnej i funkcjonalnej warstw Cu i Cu/Co. Przeprowadziłem analizę uzyskanych wyników, opracowałem wnioski oraz odpowiedzi na uwagi Recenzentów dotyczące przeprowadzonej przeze mnie części badawczej.

- P7. S. Talu, **M. Bramowicz**, S. Kulesza, S. Solaymani, A. Shafikhani, A. Ghaderi, M. Ahmadi, *Gold nanoparticles embedded in carbon film: Micromorphology analysis*, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, Vol.35 (2016), pp 158-166, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jiec.2015.12.029> (35pkt./poz.A4604_2015) **IF_2015=4.179**

Mój udział procentowy w powstanie tej pracy szacuję na **40%**. Polegał on na: wysunięciu koncepcji zastosowania metod numerycznych w celu scharakteryzowania struktury geometrycznej powierzchni oraz właściwości funkcjonalnych osadzanych warstw Au, przeprowadzeniu analiz fraktalnych, statystycznych i funkcjonalnych. Przeprowadziłem również analizę uzyskanych

wyników, opracowałem wnioski oraz odpowiedzi na uwagi Recenzentów dotyczące przeprowadzonej przeze mnie części badawczej.

- P8. Ștefan Țălu, **Mirosław Bramowicz**, Sławomir Kulesza, Atefeh Ghaderi, Shahram Solaymani, Hadi Savaloni, Reza Babae, *Micromorphology analysis of specific 3-D surface texture of silver chiral nanoflower sculptured structures*, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, Volume 43, pp. 164–169, (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jiec.2016.08.003>– (35pkt./poz.A6357_2015) **IF_2015=4.179**

Mój udział procentowy w powstanie tej pracy szacuję na 40%. Polegał on na: wysunięciu koncepcji zastosowania metod numerycznych w celu scharakteryzowania struktury geometrycznej powierzchni oraz właściwości funkcjonalnych powierzchni zawierających chiralne nanopłatki Ag. Przeprowadziłem analizę fraktalną, statystyczną i funkcjonalną trójwymiarowych map powierzchni zarejestrowanych przez AFM. Zaaplikowałem stosowaną metodykę do analizy fraktalnej powierzchni zobrazowanych przez SEM. Przeprowadziłem również analizę uzyskanych wyników, opracowałem wnioski oraz odpowiedzi na uwagi Recenzentów dotyczące przeprowadzonej przeze mnie części badawczej.

- P9. Ștefan Țălu, **Mirosław Bramowicz**, Sławomir Kulesza, Tijana Lainović, Marko Vilotić, Larisa Blažić, *Influence of the artificial saliva storage on 3-D surface texture characteristics of contemporary dental nanocomposites*, Journal of Microscopy (2016), Vol. 264, Issue 2, pp. 198-206, DOI: 10.1111/jmi.12432 (30pkt./poz.A6593_2015) **IF_2015=2.136**

Mój udział procentowy w powstanie tej pracy szacuję na 40%. Polegał on na wysunięciu koncepcji zastosowania analizy fraktalnej w obserwowaniu degradacji warstwy wierzchniej biomateriałów stomatologicznych zachodzącej pod wpływem oddziaływania substytutu płynu ustrojowego, którym była sztuczna ślina. Na potrzeby niniejszej pracy przeprowadziłem kompleksową analizę numeryczną (fraktalną i statystyczną) topograficznych map badanych wypełniaczy stomatologicznych. Opracowałem wnioski dotyczące mojej części badawczej oraz prowadziłem korespondencję z zagranicznymi partnerami. Przygotowałem odpowiedzi na uwagi Recenzentów dotyczące przeprowadzonej przeze mnie części badawczej.

- P10. Ș. Țălu, Shahram Solaymani, **Mirosław Bramowicz**, Sławomir Kulesza, Atefeh Ghaderi, Samaneh Shahpouri, Seyed Mohammad Elahi, *Effect of electric field direction and substrate roughness on three-dimensional self-assembly growth of copper oxide nanowires*, Journal of Materials Science: Materials in Electronics, Volume 27, Issue 9, pp 9272-9277 (2016), DOI: 10.1007/s10854-016-4965-8 (25pkt./poz.A6534_2015) **IF_2015=1.798**

Mój udział procentowy w powstanie tej pracy szacuję na 25%. Polegał on na: przeprowadzeniu analizy fraktalnej przestrzennych topograficznych map podłoża zobrazowanych przez AFM oraz obrazów SEM warstw nanorurek CuO. Opracowałem wnioski dotyczące mojej części badawczej oraz prowadziłem korespondencję z zagranicznymi partnerami. Przygotowałem odpowiedzi na uwagi Recenzentów dotyczące przeprowadzonej przeze mnie części badawczej.

2.3. Zestawienie bibliometryczne publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego

L.P.	Nr pozycji	Rodzaj publikacji	Rok wydania	Punktacja (zgodna z rokiem opublikowania)		Liczba cytowań	
				IF	MNiSW	WoS	Google Scholar
1.	P1	Rozdział	2013	0	10	20	20
2.	P2	Artykuł	2014	1,09	25	2	6
3.	P3	Artykuł	2014	2,711	35	39	50
4.	P4	Artykuł	2015	2,567	35	31	37
5.	P5	Artykuł	2016	3,15	35	7	11
6.	P6	Artykuł	2016	2,057	30	3	5
7.	P7	Artykuł	2016	4,179	35	19	25
8.	P8	Artykuł	2016	4,179	35	2	6
9.	P9	Artykuł	2016	2,136	30	0	2
10.	P10	Artykuł	2016	1,798	25	7	11
Suma:				22,069	295	130	173

2.4. Charakterystyka znaczącego osiągnięcia naukowego

2.4.1. Wstęp

W licznych opracowaniach naukowych dotyczących badań topografii powierzchni na mikro- i nanopoziomie znany jest tzw. problem skali, czyli zależność parametrów statystycznych opisujących rozkład punktów na topograficznej mapie badanego obiektu od gęstości pomiarowej. Częściowym rozwiązaniem tego problemu jest analiza fraktalna, która pozwala charakteryzować strukturę geometryczną nawet przez kilka rzędów wielkości skali [1-3].

Ojcem geometrii fraktalnej jest urodzony w Warszawie francuski matematyk i informatyk Benoit Mandelbrot, który na początku lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku przy okazji prac nad iteracjami sformułował pojęcie fraktala [4]. Definiował go jako tzw. obiekt samopodobny, tzn. taki, którego najmniejszy fragment w zadanej skali jest podobny do samego siebie. W przyrodzie istnieje wiele obiektów oraz zjawisk wykazujących właściwości fraktalne zarówno w skali przestrzennej jak i czasowej. Dotyczy to takich zjawisk, jak np. formowanie się powierzchni ciał stałych lub tworzenie się konturów obiektów geograficznych.

Wśród materiałów o właściwościach potencjalnie fraktalnych wymienia się m.in.: ciała włókniste, aglomeraty i klastry cząsteczkowe, materiały porowate oraz powierzchnie ciał stałych, które formowane są na drodze wbudowywania cząstek lub obróbki maszynowej. Parametry, takie jak wymiar fraktalny (D), topoteza (Λ), czy pseudotopoteza (K) – stają się wielkościami charakteryzującymi strukturę powierzchni, zwłaszcza stopień jej rozwinięcia [3-5].

Interesujące są również zagadnienia korelacji między parametrami fraktalnymi, a sposobem powstawania i cechami użytkowymi warstwy wierzchniej. Dlatego ważnym zagadnieniem jest poznanie zależności związanych z opisem fraktalnym oraz doskonalenie tego typu metod w korelacji z analizą właściwości stereometrycznych technologicznej warstwy wierzchniej [6, P3].

Posługując się geometrią fraktalną każdą powierzchnię bądź jej profil, można scharakteryzować poprzez podanie wymiaru fraktalnego (D), który dla powierzchni zawiera się w granicach $2 < D < 3$, zaś dla profilu rozpatrywanego przekroju warstwy wierzchniej wynosi: $1 < D < 2$. Przy czym, w przypadku powierzchni $D=2$ odpowiada powierzchni idealnie płaskiej, natomiast $D=3$ powierzchni ekstremalnie rozwiniętej. Analogicznie jest w przypadku dwuwymiarowych profili, gdzie: $D=1$ odpowiada linii prostej, natomiast $D=2$ linii łamanej na nieskończenie wiele odcinków.

Znormalizowane metody analizy numerycznej powierzchni pozwalają również określić stopień jej kierunkowości (S_{tr}) [7, 8].

Powierzchnia, stanowiąca główny przedmiot moich zainteresowań badawczych jest pewną granicą oddzielającą układ związany od otaczającego go ośrodka. Można również powiedzieć, że jest ona obszarem styku różnych substancji, a więc odzwierciedla nie tylko właściwości materiału zamkniętego w jej wnętrzu, ale także specyfikę zjawisk zachodzących w jej bezpośrednim sąsiedztwie. Jeżeli dodatkowo uwzględnimy stwierdzenie Mainash'a mówiące o tym, że każda ingerencja w materiał, każdy proces obróbki pozostawia na powierzchni unikalny „odcisk palca” [3], to wówczas zagadnienie to staje się jeszcze bardziej interesujące i moim zdaniem nadaje sens podjętej przeze mnie analizie zagadnień.

2.4.2. Cel naukowy

Celem naukowym realizowanym w przedłożonym do oceny monotematycznym cyklu publikacji było wykazanie, że **analiza fraktalna i funkcjonalna obrazów SPM/SEM jest ważnym narzędziem charakteryzacji struktury geometrycznej i właściwości warstwy wierzchniej materiałów inżynierskich w mikro- i nanoskali. Parametry fraktalne korelują także z technologią wytwarzania tych materiałów.** Znajomość tego typu charakterystyk, poza oceną stopnia rozwinięcia oraz opisem budowy przestrzennej warstwy wierzchniej, pozwala na: optymalizację procesów wytwarzania, poznanie skutków degradacji powierzchni, badanie właściwości elektrycznych, magnetycznych oraz mechanicznych. Realizacja głównego celu naukowego została osiągnięta poprzez realizację poniższych celów szczegółowych:

C1 – zbadanie zależności parametrów fraktalnych profili powierzchni izotropowych i anizotropowych w zależności od kierunku ich przekroju – [P1]

C2 – zbadanie wpływu stosowanych metod fraktalnych na wartość wyznaczanego wymiaru fraktalnego D . Weryfikację uzyskanych wyników poprzez przeprowadzenie odpowiednich symulacji komputerowych – [P3]

C3 – zastosowanie analizy fraktalnej w badaniach powierzchni wybranych biomateriałów: kompozytowych oraz ceramicznych – [P5, P9]

C4 – zastosowanie analizy fraktalnej oraz funkcjonalnej w badaniach topografii powierzchni nanomateriałów: 0, 1, 2, i 3 – wymiarowych – [P4, P6, P7, P8, P10]

C5 – zastosowanie funkcji autokorelacji oraz funkcji struktury w badaniach obszarów spontanicznego namagnesowania na powierzchni materiałów magnetycznych – [P2]

2.4.3. Osiągnięte wyniki

Najważniejszym osiągnięciem naukowym prezentowanego cyklu publikacji jest **wykazanie użyteczności metod numerycznych, zwłaszcza analizy fraktalnej w charakteryzowaniu procesów wytwarzania bądź degradacji materiałów.**

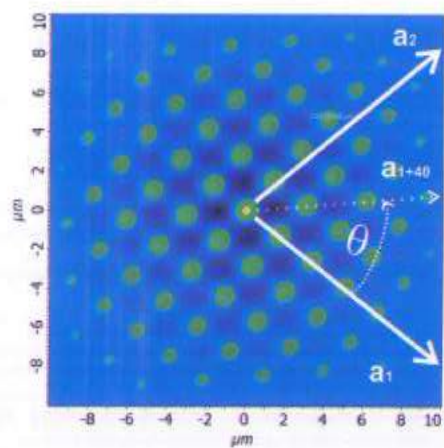
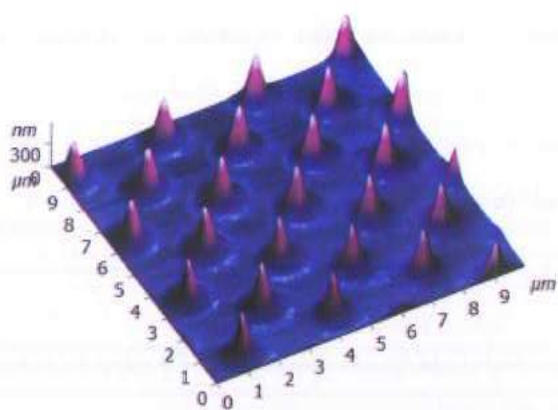
Badania stopnia rozwinięcia powierzchni, właściwości funkcjonalnych oraz doskonalenie technik ich pomiaru są bardzo ważnym zagadnieniem, zwłaszcza dzisiaj w dobie miniaturyzacji i nanotechnologii. Badania te wpływają na rozwój nauki, a w szczególności: mikro-, nanotribologii, inżynierii chemicznej oraz biomedycznej. Jak się okazuje, zależna od parametrów procesu wytwarzania struktura geometryczna powierzchni może również korelować z właściwościami mechanicznymi i składem chemicznym materiału [P5].

C1 – ZALEŻNOŚĆ PARAMETRÓW FRAKTALNYCH PROFILI POWIERZCHNI IZO I ANIZOTROPOWYCH OD KIERUNKU PRZEKROJU [P1]

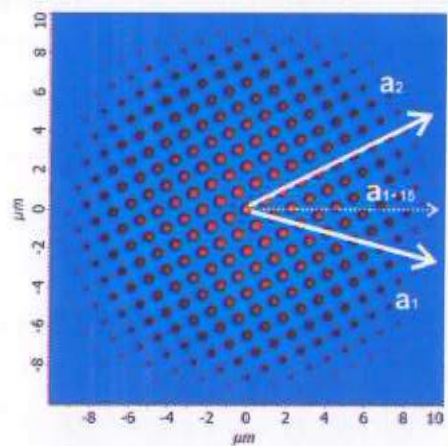
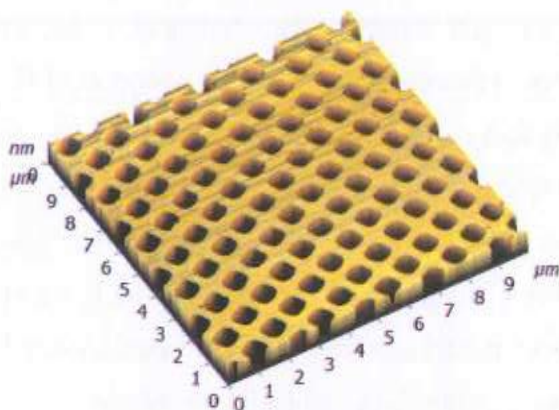
Celem zagadnienia podjętego w pracy [P1] było określenie zmian parametrów fraktalnych profili powierzchni wykazujących bardzo silną izotropię i anizotropię w zależności od kierunku ich przekroju. Przyczynkiem do jej powstania była praca [9], w której *T.H. Thomas i in.* na podstawie uzyskanych wyników stwierdzili, że w przypadku powierzchni izotropowych wymiar fraktalny ulega zmianom wraz ze zmianami kierunku przekroju, zaś topoteza pozostaje bez zmian. Natomiast w przypadku powierzchni anizotropowych dzieje się odwrotnie. Moim zdaniem wniosek wydawał się być nielogiczny, ponieważ w przypadku powierzchni o izotropowej geometrii profil powierzchni będzie miał, niezależnie od kierunku, zarówno zbliżoną geometrię jak i stopień rozwinięcia.

W tym celu wysunąłem koncepcję przeprowadzenia pomiarów AFM powierzchni wzorcowych (rys.1): TGT1 (NT-MDT), PG (Bruker) i TGZ1 (NT-MDT). Współczynnik anizotropii (S_{tr}) badanych powierzchni wynosił odpowiednio: 0,9; 0,916 i 0,073. Można, zatem powiedzieć, że były to dwie powierzchnie bardzo silnie izotropowe i jedna niemalże idealnie anizotropowa. Kolejne przekroje powierzchni wybierano kątowno względem pokazanych na rys.1 kierunków głównych anizotropii (a_1 i a_2), określając zmiany wymiaru fraktalnego i pseudotopotezy – rys.2.

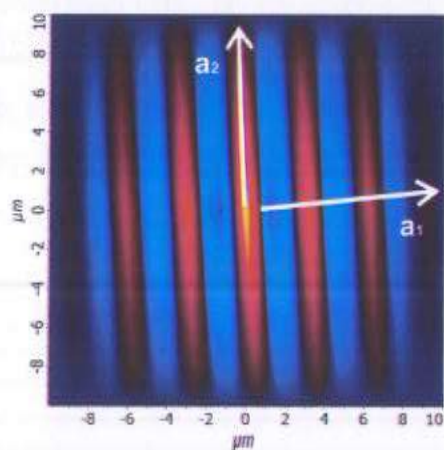
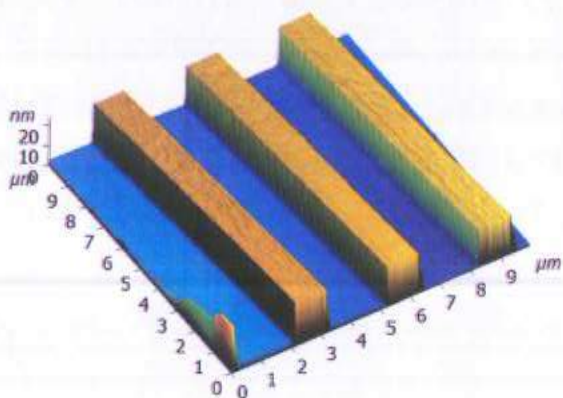
a)



b)

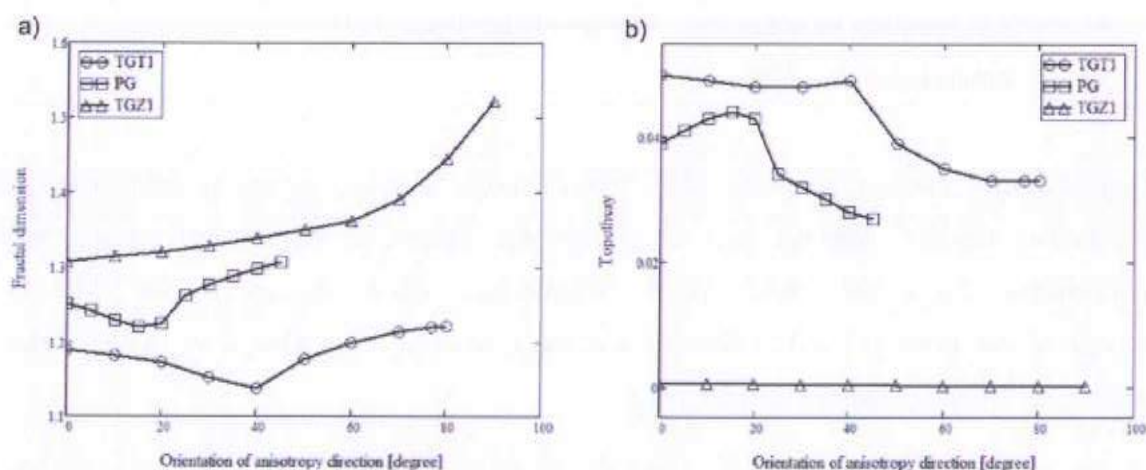


c)



Rys.1. Topografia powierzchni oraz widmo funkcji autokorelacji powierzchniowej powierzchni: a) TGT1, b) PG, c) TGZ1 [P1].

Przedstawione na rys.2 wyniki badań potwierdziły moje przypuszczenia. Jednoznacznie wskazują one na brak zależności wymiaru fraktalnego profili powierzchni izotropowych od kierunku ich pomiaru. Natomiast występujące niewielkie zmiany w geometrii profilu takiej powierzchni, powodują nieznaczne zmiany w pseudotopotezie. W przypadku powierzchni anizotropowych dzieje się odwrotnie, niewielkie zmiany geometrii profilu powodują zmiany wymiaru fraktalnego, natomiast pseudotopoteza jest *constans*. Występujące na rys.2 niewielkie minima i maksima o odciętych 15° i 40° na krzywych odnoszących się do powierzchni izotropowych, wyznaczają one kierunki (rys.2) wzdłuż których występuje największy okres powtarzania się rozmieszczenia charakterystycznych elementów na powierzchni (np. stożków na TGT1).



Rys.2. Zmiany wymiaru fraktalnego (a) i pseudotopotezy (K) w zależności od kierunku przekroju względem kierunku głównego (a_1) anizotropii powierzchni [P1].

C2 – WPLYW STOSOWANYCH METOD FRAKTALNYCH NA WARTOŚĆ WYMIARU FRAKTALNEGO [P3]

W badaniach topografii powierzchni znanych jest kilka metod wyznaczania wymiaru fraktalnego, dlatego postanowiłem sprawdzić, czy istnieje zależność między wyznaczaną wartością D, a stosowaną metodą analizy.

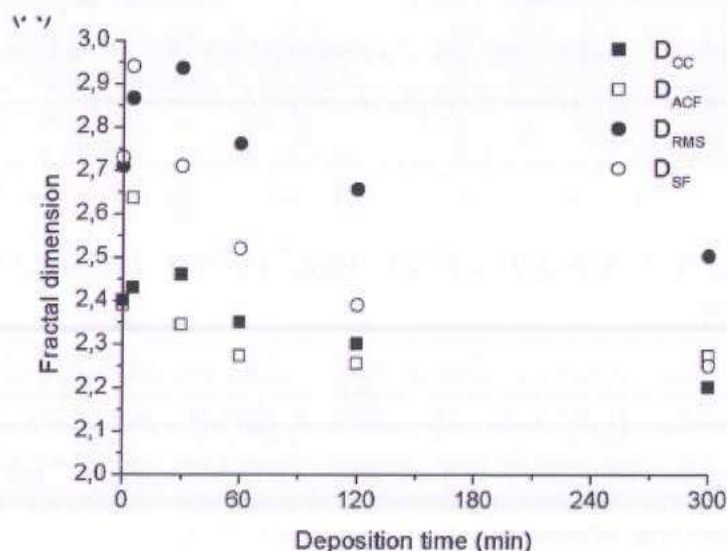
W tym celu przeanalizowałem wyniki badań topografii powierzchni polikrystalicznej warstwy diamentowej osadzonej z fazy gazowej metodą CVD (ang. Chemical Vapor Deposition) na podłożu krzemowym przy różnym czasie osadzania. Pozwoliło to obserwację i analizę numeryczną różnych faz wzrostu warstwy, w tym: procesu inkubacji, zamykania się warstwy,

wzrostu konkurencyjnego i wykształcania się dominującego pokroju krystalitów. Decydując się na wybór przedmiotu badań kierowałem się jego właściwościami oraz szerokim zastosowaniem w: optoelektronice, elektronice, inżynierii biomedycznej oraz budowie maszyn. Duża biokompatybilność, twardość oraz odporność na działanie korozji czynią diament atrakcyjnym materiałem powłokowym na implanty oraz narzędzia medyczne [9, 10]. W ramach realizowanego eksperymentu, przeprowadziłem kompleksową analizę fraktalną topograficznych map zobrazowanych metodą mikroskopii sił atomowych (AFM) przedstawiających tzw. powierzchnie resztkowe osadzonego metodą PVD diamentu.

W analizie zastosowałem następujące metody badawcze:

- RMS (Root Mean Square) [3-5],
- Funkcji struktury (wyznaczanej bezpośrednio z profilu) [2, 3],
- Funkcji struktury wyznaczanej z funkcji autokorelacji [1, 4],
- Zliczania sześciątów [11].

Spodziewanym efektem w pracy [P3] była zależność wartości wymiaru fraktalnego od stosowanej metody. Wynika ona z odmiennych zależności funkcyjnych, które były analizowane. Natomiast interesującym osiągnięciem, które wykazałem jest zbliżony, niezależny od metody trend zmian wyznaczanego wymiaru fraktalnego w funkcji czasu osadzania. Wyniki przedstawiłem na (rys.3).



Rys.3. Zmiany wymiaru fraktalnego w procesie osadzania warstwy diamentowej na podłożu krzemowym. Metody wyznaczania D : CC – zliczania sześciątów, RMS, ACF – funkcji autokorelacji, SF – funkcji struktury [P3].

Zaobserwowana zależność zmiany wartości wymiaru fraktalnego od metody jego wyznaczania, skłoniła mnie do przeprowadzenia symulacji komputerowych, mających na celu sprawdzenie, które wyznaczone wartości D są najbardziej zbliżone do rzeczywistych. W tym celu posługując się równaniem Yan'a – Komvopoulos'a (1) [15] wygenerowałem kilka powierzchni o zadanym wymiarze fraktalnym i następnie poddałem je analizie różnymi metodami fraktalnymi. Wyniki symulacji zostały również opublikowane w pracy [P3]. Na ich podstawie można twierdzić, że najbardziej wiarygodne wyniki uzyskujemy dla metody RMS, a następnie dla funkcji ACF oraz związanej z nią funkcji struktury ($S(\tau)$) [3, 5, P3].

$$z(x, y) = L \left(\frac{G}{L} \right)^{D-2} \left(\frac{\ln(\gamma)}{M} \right)^{\frac{1}{2}} \sum_{m=1}^M \sum_{n=0}^{n_{\max}} \gamma^{(D-3)n} \left\{ \cos(\phi_{m,n}) - \cos \left[\frac{2\pi\gamma^n (x^2 + y^2)^{\frac{1}{2}}}{L} \cdot \cos \left(\tan^{-1} \left(\frac{y}{x} \right) - \frac{\pi n}{M} \right) + \phi_{m,n} \right] \right\} \quad (1)$$

gdzie:

$z(x, y)$ – współrzędna wertykalna położenia punktu na powierzchni,

L – długość boku generowanej powierzchni [m],

G – chropowatość fraktalna,

M – ilość dużych wzniesień na powierzchni,

γ – okres profilu powierzchni,

ϕ – zmienna pseudolosowa z zakresu: $0 \div 2\pi$,

L_s – długość filtra cut-off

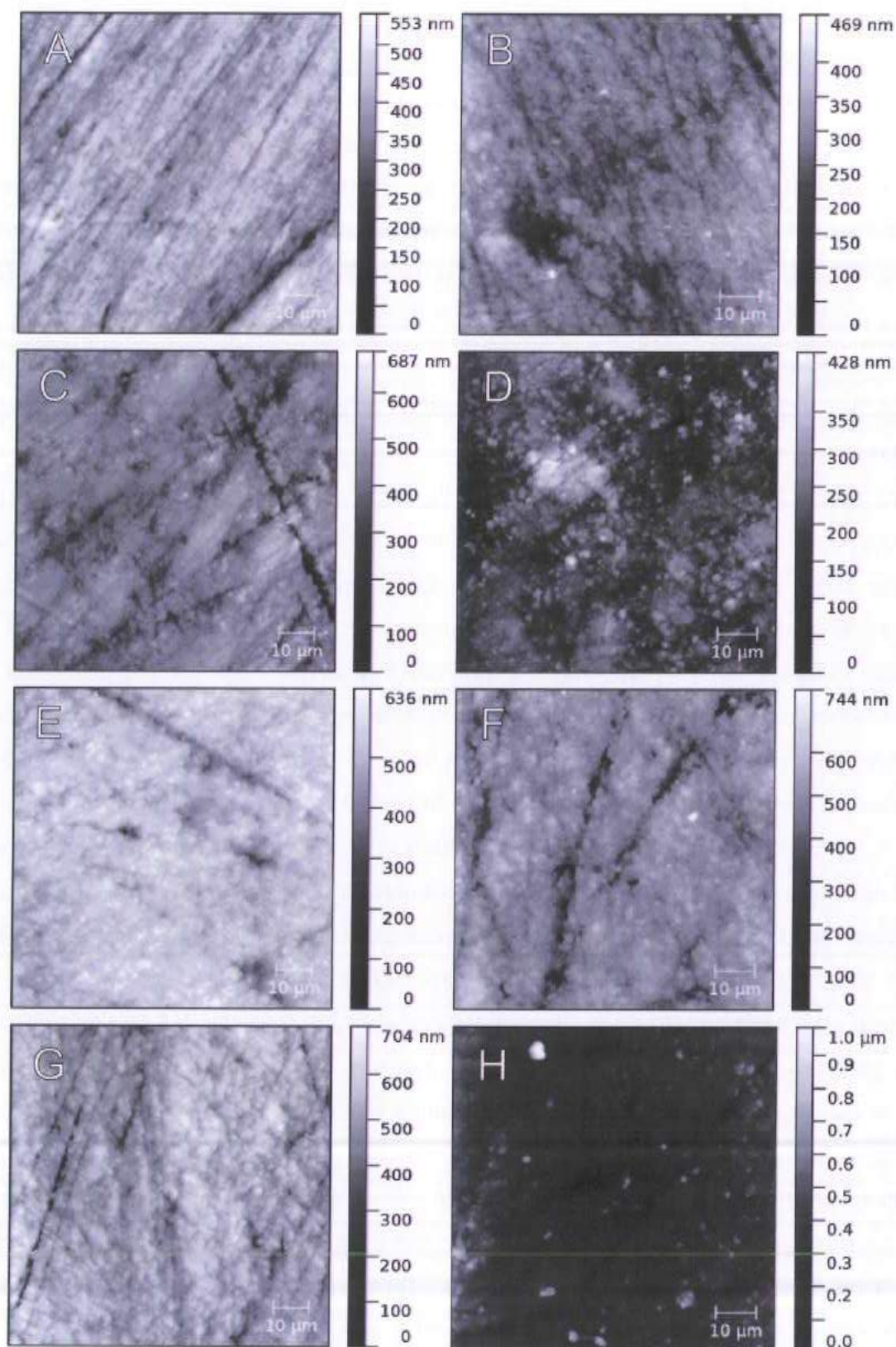
Z uwagi na znaczną pracochłonność metody RMS, związaną z koniecznością wykonywania, co najmniej kilkunastu pomiarów danej powierzchni z zachowaniem różnej długości gęstości próbkowania, w swojej dalszej pracy postanowiłem rozwijać i szukać nowych aplikacji metody ACF w badaniach powierzchni.

C3 – ANALIZA FRAKTALNA TOPOGRAFII POWIERZCHNI BIOMATERIAŁÓW [P5, P9]

Topografia powierzchni odgrywa ważną rolę w materiałach o zastosowaniach biomedycznych, jej stan wpływa m.in. na kąt zwilżania, adhezję oraz procesy narastania tkanek biologicznych [16, 17]. Dlatego parametry takie jak: amplituda, uporządkowanie czy kierunkowość dostarczają cennych informacji o stanie powierzchni materiału mającego

zastosowanie w chirurgii i implantologii. Zastosowanie analiz fraktalnych w tego typu materiałach jest ważne, ponieważ dostarcza informacji o stopniu rozwinięcia powierzchni, a więc i o stopniu „przyjmowania” i rozwijania się na nim materiału biologicznego.

W badaniach topograficznych często zdarza się tak, że bardzo trudno jest jasno określić zmiany bądź różnice między powierzchniami. Poprawna interpretacja tylko na podstawie morfologii wymaga bardzo dużego doświadczenia, a czasami staje się wręcz niemożliwa. Z pomocą przychodzi wówczas analiza fraktalna, jak to miało miejsce w pracy [P9]. W przytaczanej pracy zastosowałem analizę fraktalną oraz analizę kierunkowości do zbadania zmian powierzchni wypełniaczy stomatologicznych, które powstały po oddziaływaniu sztucznej śliny. Przedmiotem badań były nano- i mikrokompozyty: *Filtek Ultimate Body (FUB)* i *Gradia Direct (GD)* oraz materiały nano- i mikrohybrydowe: *Filtek Z550 (FZ550)* i *Filtek Z250 (FZ250)*. Jak widać na rys.4 określenie zmian morfologicznych powstałych na powierzchniach badanych wypełniaczy jest trudne do obiektywnego ustalenia.



Rys.4. Topografie powierzchni badanych biomateriałów stomatologicznych przed (lewa kolumna) i po (prawa kolumna) oddziaływaniu sztucznej śliny. Kolejność od góry do dołu: FUB, GD, F250, F550 [P9].

Przeprowadzona analiza numeryczna pozwoliła na ustalenie wpływu zastosowanego substytutu płynu fizjologicznego na degradację warstwy wierzchniej wypełniaczy stomatologicznych. W stanie wyjściowym bezpośrednio po obróbce, badane powierzchnie wykazywały dużą kierunkowość (były anizotropowe) natomiast po oddziaływaniu sztucznej śliny stawały się izotropowe. Występującą kierunkowość powierzchni należy wiązać ze wspomnianym we wstępie „odciskiem palca” pozostawionym raczej w strukturze materiału po obróbce mechanicznej polerowania, a nie wskutek kształtowania struktury materiału w procesie technologicznym jego wytwarzania.

Wszystkie badane materiały wykazywały naturę bifraktną, świadczącą o klastrowej budowie warstwy wierzchniej.

W przypadku kompozytów nanohybrydowego i z nanonapełniaczem, wyniki badań wskazują na przejście z budowy bifraktną w monofraktną, co jest najprawdopodobniej związane z erozją warstwy wierzchniej wywołaną przez oddziałujące medium. W znaczącym stopniu wzrósł S_{tr} i powierzchnie „zatraciły” swoją kierunkowość, stając się izotropowe.

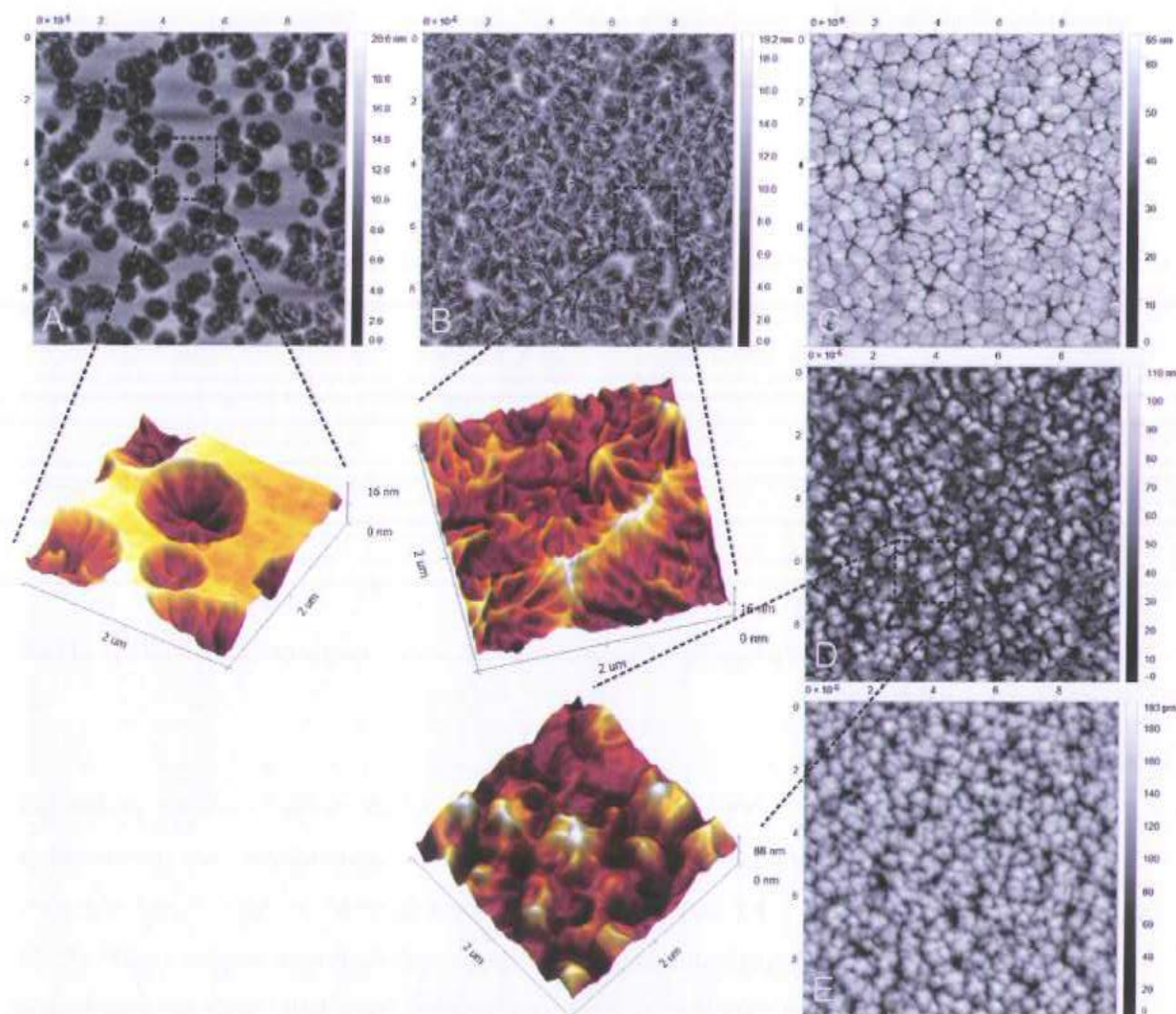
Takie tendencje nie występowały w przypadku materiałów mikrohybrydowych i z mikronapełniaczem. Zarówno przed jak i po oddziaływaniu medium, powierzchnie miały izotropowy charakter i wykazywały bifraktną budowę. Prawdopodobnie, związane jest to z wielkością cząstek, które na tym poziomie zapewniają większą stabilność chemiczną.

Przedstawionym w pracy [P5] samodzielnym i oryginalnym osiągnięciem naukowym, jest opisana poniżej interpretacja konstytuowania osadzanych metodą fizycznego osadzania z fazy gazowej (PVD) w częstotliwości radiowej (ang. RF magnetron sputtering), osadzanych przy różnych wartościach temperatury warstw hydroksyapatytu (HAP).

Istnieją wprawdzie nieliczne opracowania dotyczące analizy fraktalnej HAP, jednak dotyczą one głównie opisu topografii warstw finalnych, różniących się głównie składem [18, 19]. Nie spotkałem się jak dotąd w literaturze z badaniami wpływu parametrów procesu wytwarzania na strukturę fraktalną HAP.

Badane warstwy HAP dedykowane są m.in. na pokrycia implantów ortopedycznych, zabezpieczając je przed nadmiernym i szybkim zużyciem, zapewniając także dużą biokompatybilność z ludzkim organizmem. Dobrą biogodność materiału zapewnia odpowiednia wartość Ca/P, która powinna być zbliżona do tej w kościach i wynosić 1,67.

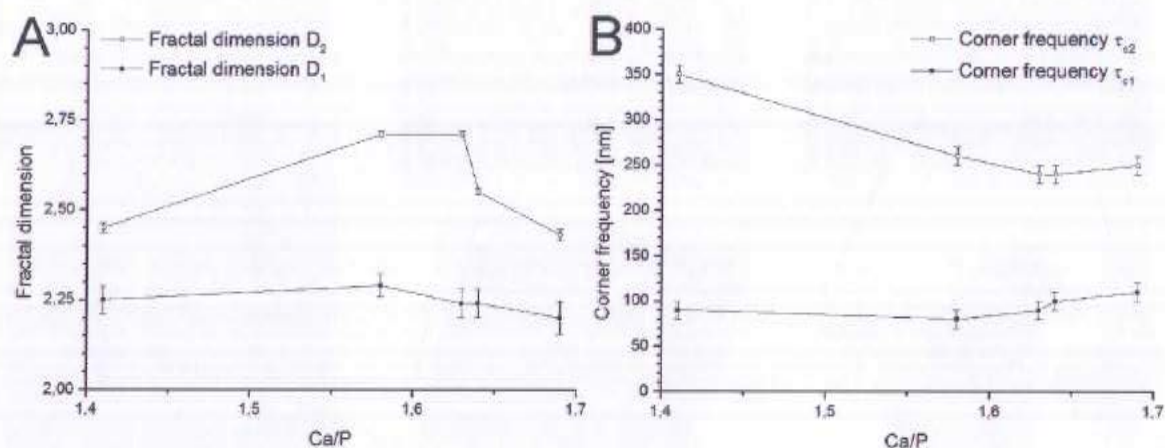
Analizowane powierzchnie resztkowe warstw HAP, czyli takie po odjęciu składowych długofalowych przedstawione są na rys.5.



Rys.5. Powierzchnie reszkowe ($10 \times 10 \mu\text{m}$) warstw hydroksyapatytu (HAP) osadzone w: (A) 400°C , (B) 500°C , (C) 600°C , (D) 700°C , (E) 800°C [P5].

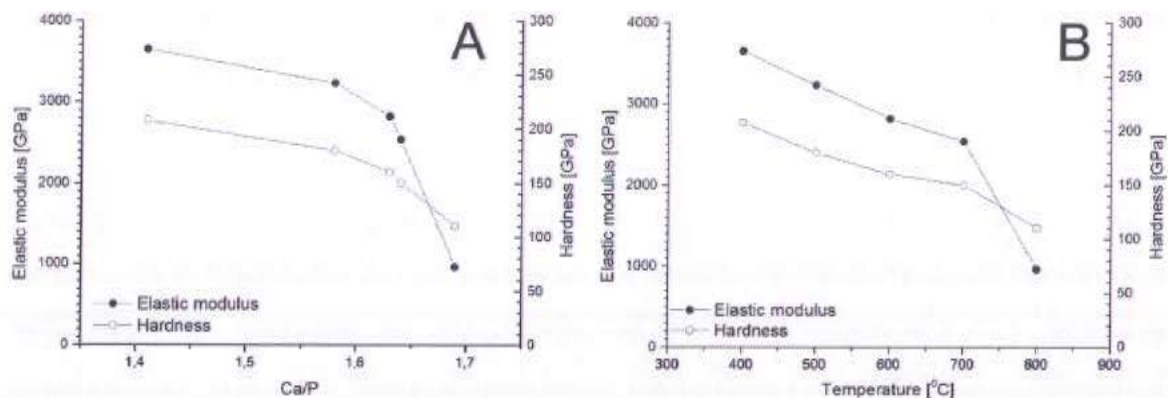
Z przeprowadzonych badań wynika, że w początkowej fazie, tj. w temp. 400°C na powierzchni Si pojawiają się przypadkowo rozmieszczone kratery, wewnątrz których w centralnej części kształtują się niewielkie stożki. Kratery oddzielone są pasmami płaskiego podłoża. Wzrost temperatury powoduje zagęszczenie występowania kraterów, doprowadzając w konsekwencji do zaniku powierzchni podłoża. Dalszy wzrost temperatury powoduje uzyskanie w temperaturze 600°C struktury ziarnistej i sukcesywny rozrost ziaren. W szczegółowo opisanym w pracy [P5] procesie kształtowania się wraz z temperaturą warstwy hydroksyapatytu, należy zwrócić uwagę na jej właściwości fraktalne. Tego typu warstwy charakteryzują się strukturą bifraktalną, która jest odpowiednikiem budowy klastrowej. Opisane parametrami fraktalnymi morfologiczne zmiany topografii powierzchni

uwarunkowane są składem chemicznym Ca/P (rys.6), co w konsekwencji przekłada się na określone w badaniach nanoindentacji właściwości mechaniczne: moduł Younga i twardość (rys.7).



Rys.6. Zmiany wymiarów fraktalnych (A) oraz częstotliwości rogowej (B) w funkcji składu chemicznego Ca/P.

Pierwszy wymiar fraktalny (rys.6) ma wartość stałą $D_1 \approx 2,25$ charakteryzującą powstające kraterki oraz stożki stanowiące podstawowy element kształtujących się powierzchni. Natomiast drugi wymiar (D_2) jest właściwy dla powstających z nich konglomeratów. Maksimum wartości D_2 przypada dla materiałów z lekkim niedoborem wapnia (Ca/P = 1,62). Świadczy to dużym stopniu rozwinięcia takiej powierzchni, co z kolei wpływa pozytywnie na osteointegrację. Może zatem okazać się, że materiał z lekkim niedoborem wapnia (Ca/P=1,62) jest lepszym materiałem do osteointegracji z tkanką kostną niż materiał o składzie stechiometrycznym (Ca/P=1,67). Wysłunięta hipoteza inspirowa do kontynuacji badań w tym kierunku.



Rys.7. Wpływ parametru Ca/P (A) oraz temperatury osadzania (B) na właściwości mechaniczne warstw hydroksyapatytu.

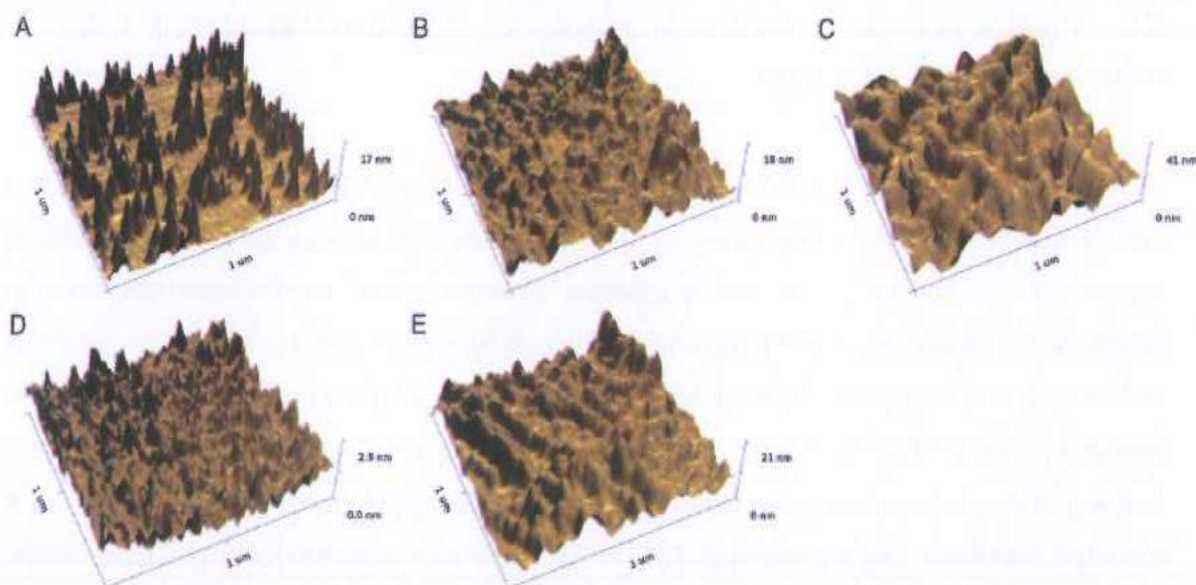
C4 – ANALIZA FRAKTALNA TOPOGRAFII POWIERZCHNI NANOMATERIALÓW: 0, 1, 2, i 3 – WYMIAROWYCH [P6, P4, P7, P8]

Analizując w pracy [P6] topografię cienkich nanokrystalicznych warstw Cu/Co otrzymywanych metodą stałoprądowego napyłania magnetronowego (ang. DC magnetron sputtering) wykazałem, że w tym przypadku pomimo zmian morfologicznych, wymiar fraktalny nie zależy od stosowanego materiału powłokowego. Jest on najprawdopodobniej związany z metodą osadzania powłoki i wynosi średnio 2,31(6). Zmienia się kierunkowość powierzchni od 0,54 do 0,79, która staje się bardziej izotropową. Analizując też na podstawie krzywej Abbotta-Firestona właściwości funkcjonalne badanych warstw zauważyłem, że w metodzie napyłania magnetronowego DC, zwiększając czas konstituowania warstw Cu/Co, wzrasta ich zdolność do przyjmowania płynów przy niezmiennie się wysokości rdzenia chropowatości, a więc przy stałej zdolności powierzchni do przenoszenia obciążeń.

W przypadku badanych w pracy [P4] trójwymiarowych nanokrystalicznych warstw Fe napyłanych metodą RF-PECVD (ang. Radio Frequency Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition) zauważyłem, że wzrost ciśnienia pracy reaktora nie powoduje istotnych zmian w izotropii powierzchni, która była na bardzo wysokim poziomie rzędu $S_{tr}=0,8-0,9$. Wynikała ona z ziarnistej morfologii. Początkowo, przy ciśnieniu w reaktorze równym 2,5 Pa powierzchnia pokrywała się drobnymi krystalitami o średniej średnicy wynoszącej 19,4 nm i wysokości ok 1 nm. Powierzchnia ta była najbardziej rozwinięta, co odpowiadało największej wartości wymiaru fraktalnego ($D=2,55$). Dalszy wzrost ciśnienia nie wpływał znacząco na stopień rozwinięcia powierzchni, a wymiar fraktalny zawierał się w granicach od 2,26÷2,32. Analiza numeryczna nośności powierzchni wykazała natomiast wpływ ciśnienia na

właściwości funkcjonalne kształtujących się powierzchni. Zaobserwowałem wzrost zdolności powierzchni do przenoszenia obciążeń oraz do gromadzenia się na niej płynów. Wysokości rdzenia chropowatości i głębokości dolin, wzrastają odpowiednio: $0,817 \div 5,643$ nm oraz $0,718 \div 4,958$ nm.

Badając w pracy [P7] osadzone metodą RF-PECVD w funkcji mocy reaktora warstwy nanokrystalicznego złota (rys.8) zauważyłem, że powstająca powierzchnia zmienia się od materiału 0-wymiarowego do 2-wymiarowego, czyli od struktury odseparowanych pojedynczych stożków o nanometrowych wymiarach w trzech kierunkach do warstw o nanometrowej grubości. Kształtująca się powierzchnia miała charakter bifraktalny, przy czym pierwszy wymiar fraktalny charakteryzuje pojedyncze elementy składowe powierzchni, natomiast drugi opisuje ich przestrzenne rozmieszczenie.



Rys.8. Topografia powierzchni warstwy nanocząstek Au na powierzchni amorficznego uwodornionego C, nakładanych przy mocy generatora: (A) 80 W, (B) 90 W, (C) 100 W, (D) 110 W, (E) 120 W.

Proces zmian morfologicznych zachodzących podczas tworzenia się warstw można ująć w następujący sposób:

A) przy mocy 80 W na powierzchni pojawiają się stożki o średnicy i wysokości, odpowiednio: 70 i 17 nm,

B) zwiększenie mocy generatora do 90 W wpłynęło na dwukrotny wzrost średniej średnicy stożków, natomiast pierwszy wymiar fraktalny pozostaje bez zmian, ponieważ wciąż

podstawowym elementem składowym powierzchni są stożki. Zaczynają się tworzyć aglomeraty,

C) zwiększenie mocy do 100 W powoduje potrojenie średnicy ziaren, tworzą się większe agregaty, wzrasta amplituda powierzchni oraz wymiar D_2 . Można twierdzić, że zaczyna się tworzyć warstwa, a materiał staje się dwuwymiarowym,

D) przy mocy 110 W na pierwotnej warstwie Au, która w całości pokryła materiał podłoża zaczyna się tworzyć nowa warstwa nanokrystalicznego złota. Pojawiają się nowe stożki o wysokości do 3 nm,

E) dalszy wzrost mocy powoduje rozrost i tworzenie się agregatów.

Ponadto w zakresie mocy 80÷100 W obserwuje się wyraźny spadek D_2 , co świadczy o zwiększeniu się stopnia uporządkowania powierzchni.

Oceniając w [P7] właściwości funkcjonalne badanych powierzchni można powiedzieć, że wzrostowi mocy generatora do 100 W i towarzyszącemu mu rozrostowi agregatów odpowiada wzrost zdolności powierzchni do przenoszenia obciążeń (wzrasta wysokość rdzenia chropowatości) oraz zdolność do przetrzymywania płynów.

Stosowaną metodykę analizy fraktalnej opartej na funkcji ACF zastosowałem również w badaniach materiałów jednowymiarowych, tj. chiralnych nanopłatków srebra oraz nanorurek tlenku miedzi. Wyniki opublikowano odpowiednio w pracach: [P8] i [P10]. Dostosowałem ją również do analizy wyników pozyskiwanych metodą skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM). W zastosowanych algorytmach amplitudę badanych powierzchni odniosłem do poziomów szarości, co miało wpływ na wyznaczane parametry w związku z innym sposobem rekonstrukcji powierzchni oraz z występowaniem w obrazach SEM składowych długofalowych. Jednak w dalszej perspektywie badawczej, stwarza to możliwości nad kolejnymi pracami prowadzącymi do uzyskania lepszej zgodności z wynikami uzyskiwanymi metodą AFM. Przeprowadzona w pracach [P8] i [P10] analiza fraktalna obrazów SEM wskazuje na bifraktalność badanych warstw wierzchnich, właściwych dla obiektów o budowie klastrowej. Przeprowadzone w pracy [P8] porównanie wyników numerycznej analizy obrazów SEM i AFM wskazuje, że odpowiednio wartości długości progowej (ang. *corner frequency*) τ_2 oraz τ mają zbliżone wartości. Wysoka i również zbliżona, niezależna od metody wartość S_{tr} , świadczy o równomiernym, izotropowym pokryciu materiału podłoża.

Wykorzystanie funkcji ACF oraz analizy fraktalnej, pozwoliło w pracy [P10] na ocenę jakości pokrycia oraz kierunkowości warstwy nanorurek CuO i Cu₂O. Tego typu materiały są ważne dla zastosowań w budowie nowoczesnych czujników gazowych oraz ogniw słonecznych.

Stwierdziłem m.in., że chropowatość materiału podłoża nie ma znacznego wpływu na kierunkowość badanych warstw nanorurek. Natomiast ma na nią wpływ orientacja wektora przyłożonego pola elektrycznego względem pola grawitacji. W przypadku gdy oba wektory mają ten sam zwrot i kierunek wówczas taka powierzchnia charakteryzuje się znaczną anizotropią (niezależną od chropowatości podłoża). Zmiana zwrotu wektora pola elektrycznego na przeciwny powoduje zanik kierunkowości tego typu warstwy, staje się ona izotropową. Przeprowadzona analiza fraktalna wykazała, że wymiar fraktalny nie zależy od kierunkowości tego typu powierzchni zobrazonej metodą SEM, zatem charakteryzuje element składowy.

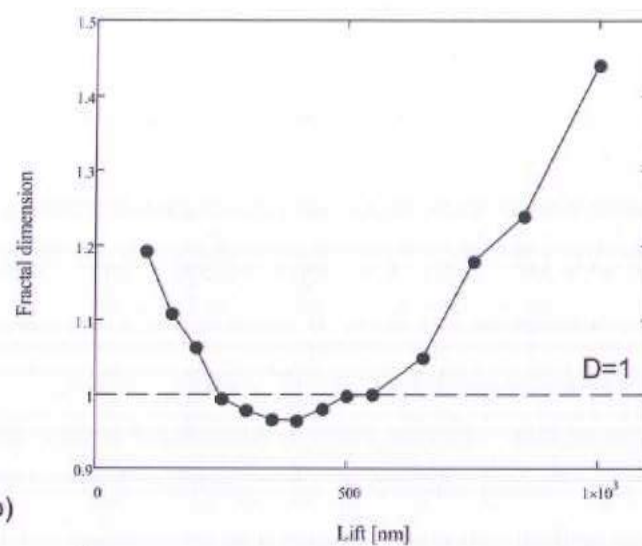
C5 – ZASTOSOWANIE FUNKCJI AUTOKORELACJI ORAZ FUNKCJI STRUKTURY W BADANIACH MFM STRUKTUR DOMENOWYCH NA POWIERZCHNI MATERIAŁÓW MAGNETYCZNYCH [P2]

Oryginalnym osiągnięciem naukowym opisanym w pracy [P2] jest zastosowanie analizy fraktalnej w badaniach pola magnetycznego emitowanego z obszarów spontanicznie namagnesowanych (tzw. domen) na powierzchni materiału magnetycznego.

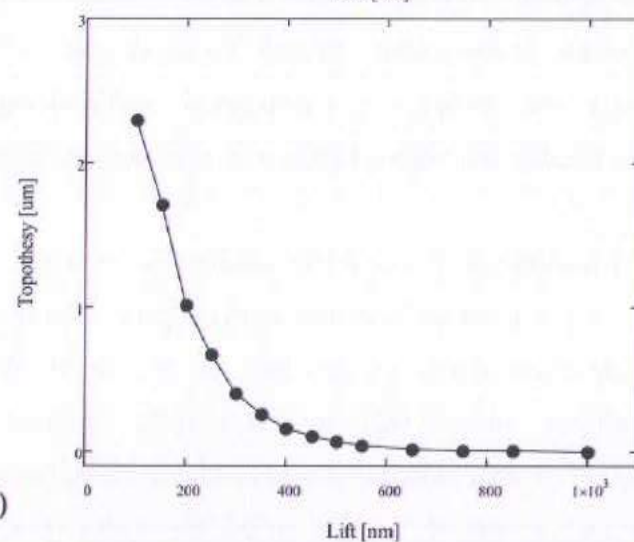
Należy podkreślić, że jak dotąd nie spotkałem się z zastosowaniem analizy fraktalnej w interpretacji wyników badań otrzymanych metodą mikroskopii sił magnetycznych (MFM – Magnetic Force Microscopy).

Częstym problemem, z którym można się spotkać podczas pomiarów MFM jest ustalenie optymalnej wysokości (h) skanowania nad badaną powierzchnią podczas tzw. „drugiego przejścia”. Na tym etapie pomiarów rejestrowane są miejscowe przesunięcia fazowe częstotliwości rezonansowej belki sondy i są one wynikiem interakcji pola magnetycznego emitowanego z badanej powierzchni, z polem magnetycznym pokrycia igły sondy pomiarowej. Powstająca mapa przesunięć fazowych jest odzwierciedleniem rozmieszczenia obszarów spontanicznie namagnesowanych na badanej powierzchni. Często sygnał magnetyczny jest zakłócany przez innego typu oddziaływania, np. pochodzące od sił adhezji czy sił kapilarnych. Dlatego też, bardzo ważne jest znalezienie wysokości skanowania, na której oddziaływania te będą wyeliminowane. W ramach zrealizowanego eksperymentu przeprowadziłem kilkanaście pomiarów struktur domenowych na różnych wysokościach skanowania nad badaną powierzchnią. Następnie przeprowadziłem analizy fraktalne zarejestrowanych map przesunięć fazowych, w efekcie czego uzyskałem zależności parametrów fraktalnych zaprezentowane na rys.9.

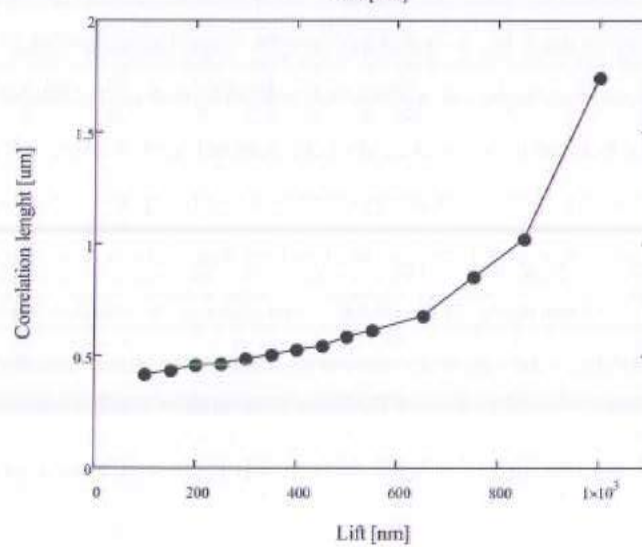
a)



b)



c)



Rys.9. Zmiany parametrów fraktalnych w funkcji wysokości skanowania h nad powierzchnią:

a) $D=f(h)$, b) $K=f(h)$, c) $\tau_c=f(h)$ [P2].

Wyniki analizy fraktalnej sygnałów magnetycznych ujawniają występowanie dużych zależności między parametrami (D , K , τ_c), a wysokością, na której sygnał jest wykrywany. Najciekawsze zmiany obserwuje się dla wymiaru fraktalnego D (rys. 9a). Początkowo obserwowany jest spadek wartości D wraz z oddalaniem się od badanej powierzchni, co wynika ze słabnącej interakcji magnetycznej. Mniejsze przesunięcie fazowe częstotliwości drgań sondy jest powodowane coraz mniejszym nakrywaniem się pól magnetycznych emitowanych z sondy i badanej powierzchni. Wymiar fraktalny zmniejsza się od wartości 1,191 odpowiadającej wysokości skanowania $h=100$ nm, do wartości $D_{\min}=0,966$ dla $h=400$ nm. Po osiągnięciu przez wymiar fraktalny wartości minimalnej można zaobserwować dalsze systematyczne zwiększanie się jego wartości w całym analizowanym zakresie.

W przypadku badanych struktur otrzymano wartości nieco mniejsze od jedności w zakresie $h=250\div550$ nm. Ponieważ obserwowane zmiany dokonują się w sposób regularny, przypuszczamy że mają one związek z charakterem analizowanego sygnału, tj. z przesunięciem fazowym między siłą wymuszającą a rejestrowanymi faktycznymi drganiami sondy.

Przedstawione wyniki potwierdzają wcześniejsze obserwacje mówiące o tym, że wymiar fraktalny nie jest związany z powszechnie stosowanymi parametrami statystycznymi, np. opisującymi rozmieszczenie punktów na powierzchni, jak: S_a , S_q , S_y . W tym przypadku, w zakresie względnie silnych oddziaływań magnetycznych, gradient powstających sił magnetycznych jest wielkością dominującą i wymiar fraktalny charakteryzuje zmiany sygnału magnetycznego. Zwiększając wysokość h , amplituda oddziaływań magnetycznych maleje i po osiągnięciu wartości krytycznej h_{kr} w rejestrowanym sygnale pojawiają się również innego rodzaju oddziaływania. Obserwowane wówczas oddziaływania resztkowe między sondą a powierzchnią, mogą pochodzić (obok oddziaływań magnetycznych) od sił długozasięgowych, bądź też mogą być wynikiem oddziaływań dyssypatywnych (opory ośrodka).

Po przekroczeniu wartości $h_{kr}=450$ nm (dla której $D=D_{\min}$), obserwujemy ciągle zwiększanie się wartości wymiaru fraktalnego, przy stale malejącej sile oddziaływań magnetycznych. Należy jednak podkreślić, że nawet na wysokości 1 μm obserwujemy niewielkie oddziaływanie magnetyczne o wartości 15 krotnie mniejszej, w porównaniu do początkowego pomiaru na wysokości $h=100$ nm. Zmiany w tym zakresie wpływają przede wszystkim na wartość pseudopotęzy i długości progowej. Wraz ze zmniejszaniem się amplitudy

przesunięcia fazowego, topoteza maleje monotonicznie do zera, zaś długość progowa rośnie do ok. 1.8 μm .

Wyznaczone metodą funkcji struktury $S(\tau)$ parametry: D , K oraz τ_c wykazują zależności funkcyjne w odniesieniu do wysokości skanowania h nad badaną powierzchnią. Wraz z sukcesywnym zwiększaniem h od wartości minimalnej następuje osłabianie interakcji magnetycznej. Nieoczekiwanie, na pewnej wysokości krytycznej h_{kr} , parametr fraktalny osiąga wartość minimalną (D_{min}) równą 0.966, a więc mniejszą niż przewidywana dla struktur powierzchniowych. Ze wzrostem wysokości, dla $h > h_{kr}$ coraz silniejszy staje się w badanym sygnale MFM udział szumów oraz niemagnetycznych oddziaływań resztkowych. Powyższa metodyka pozwala zatem na ustalenie wartości krytycznej h_{kr} określającej maksymalny zakres wysokości skanowania, mających na celu charakteryzowanie właściwości magnetycznych materiałów.

Ciekawym dodatkowym spostrzeżeniem, które poczyniłem już po publikacji pracy [P1] jest to, że dokonując aproksymacji wielomianem 3-rzędu zależności wymiaru fraktalnego od wysokości skanowania ($D=f(h)$) i ekstrapolując do $h=0$, uzyskujemy wymiar fraktalny odpowiadający topografii badanej powierzchni. Spostrzeżenie to czyni metodę analizy fraktalnej opartej na funkcji ACF zagadnieniem rozwojowym w badaniach struktur domenowych oraz mikroskopii MFM.

2.4.4. Podsumowanie szczególnego osiągnięcia naukowego

Wyniki badań, które przeprowadziłem i zaprezentowałem w cyklu publikacji ujętych jako szczególne osiągnięcie naukowe, pozwoliły na wyciągnięcie następujących najważniejszych wniosków i spostrzeżeń:

- Przeprowadzone, oparte na modelu Yan'a – Komvopoulos'a symulacje komputerowe wskazują, że najdokładniejszą metodą fraktalną jest metoda RMS. Jednak biorąc pod uwagę uniwersalność, szybkość oraz uwzględnianie kierunkowości powierzchni, można z powodzeniem stosować metodę opartą na funkcji struktury wyznaczanej na podstawie przebiegów funkcji autokorelacji.
- W przypadku powierzchni izotropowych, niewielkie zmiany geometrii topografii powodują zmiany topotezy, zaś wymiar fraktalny pozostaje bez zmian. Natomiast w przypadku powierzchni anizotropowych dzieje się odwrotnie.

- Analiza fraktalna ujawnia degradację biomateriałów stomatologicznych pod wpływem płynów ustrojowych, wykazując większą erozję w nanomateriałach niż w kompozytach z mikrocząsteczkami.
- Stosowana metoda analizy fraktalnej charakteryzuje kinetykę powstawania ważnych dla rozwoju implantologii warstw hydorksyapatytu. Umożliwia także ocenę stopnia rozwinięcia powierzchni, który jak się okazuje koreluje ze składem chemicznym konstytuowanych metodą napyłania magnetronowego warstw HAP.
- Stosując metody oparte na funkcji ACF można w szybki sposób ocenić i kontrolować stan warstwy wierzchniej materiałów jednowymiarowych, np. nanorurek.
- Aplikacja zastosowanej metody fraktalnej w badaniach rozmieszczenia na powierzchni obszarów spontanicznie namagnesowanych stworzyła możliwość nad doskonaleniem metodyki pomiarów MFM.

Literatura

1. B. Bhushan (Ed.), *Handbook of Micro/Nanotribology*, CRC Press LLC, 1999.
2. N. Almqvist, *Fractal analysis of scanning probe microscopy images*, Surface Science 355 (1996) pp. 221-228.
3. E. Mainsah, J.A. Greenwood, D.G. Chetwynd (Eds.), *Metrology and Properties of Engineering Surfaces*, Kluwer Academic Publishers Inc., MA, USA, 2001.
4. B.B. Mandelbrot, *The Fractal Geometry of Nature*,
5. H.J. Wu, *Analyses and simulation of anisotropic fractal surfaces*, Chaos Solitons Fractals 13 (2002) 1791-1806.
6. N. Naseri, Ş. Tâlu, S. Kulesza, S. Qarechaloo, A. Achour, M. Bramowicz, A. Ghaderi, S. Solaymani, *How morphological surface parameters are correlated with electrocatalytic performance of cobalt-based nanostructures*, Journal of Industrial and Engineering Chemistry (in press) (2017), doi.org/10.1016/j.jiec.2017.08.012.
7. K.J. Stout, J.P. Sullivan, W.P. Dong, E. Mainsah, N. Luo, T. Mathia, H. Zahouanithe, *The development of methods for the characterization of roughness in three dimensions*, Publication no. EUR15178EN of the Commission of the European Communities Dissemination of Scientific and Technical Knowledge Unit Directorate General Information Technologies and Industries and Telecommunications, Luxembourg, 1993.
8. EN ISO 25178-2:2012, *Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS) - Struktura geometryczna powierzchni: Przestrzenna - Część 2: Terminy, definicje i parametry struktury geometrycznej powierzchni*.
9. R. J Narayan, R. D.Boehm, A. V.Sumant, *Medical applications of diamond particles & surfaces*, Materials Today, Vol. 14, Issue 4, April 2011, pp. 154-163.
10. M. Biel-Gołaska, *Zastosowanie warstw diamentowych oraz powłok diamentopodobnych na narzędziach medycznych i implantach*, Prace Instytutu Odlewnictwa, Tom XLVIII, Zeszyt 2, 2008.
11. T.R. Thomas, B.-G. Rose'n, N. Amini (1999), *Fractal characterisation of the anisotropy of rough surfaces*, Wear 232, pp. 41-50.
12. M. Bramowicz, S. Kłysz, *Zastosowanie Mikroskopii Sił Atomowych (AFM) W Diagnostyce Warstwy Wierzchniej*, Prace Naukowe ITWL, 2007, Nr 22, s.159-166.
13. J. Krim, I. Heyvaert, C. Van Haesendonck, Y. Bruynseraede, *Scanning tunneling microscopy observation of self-affine fractal roughness in ion-bombarded film surfaces*, Phys. Rev. Lett. 70 (1993) pp. 57-60.
14. H.O. Peitgen, H. Jurgens, D. Saupe, *New Frontiers of Science*, Chaos and Fractals, Springer, Berlin, 1992.

15. W. Yan, K. Komvopoulos, *Contact analysis of elastic-plastic fractal surfaces*, J.Appl. Phys. 84 (1998) 3617–3624.
16. D. Karazisis, S. Petronis, H. Agheli, L. Emanuelsson, B. Norlindh, A. Johansson, L. Rasmusson, P. Thomsen, O. Omar, *The influence of controlled surface nanotopography on the early biological events of osseointegration*, Acta Biomaterialia, 53, pp. 559–571, 2017.
17. F. Rupp, L. Liang, J. Geis-Gerstorfer, L. Scheideler, F. Hüttig, *Surface characteristics of dental implants: A review*, Dental Materials, (in press), <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.09.007>, 2017.
18. J. Vilchis-Granados, F. Granados-Correa, C.E. Barrera-Díaz, *Surface fractal dimensions and textural properties of mesoporous alkaline-earth hydroxyapatites*, Applied Surface Science 279, pp. 97–102, 2013.
19. P. Tempesti, G. Simone Nicotera, M. Bonini, E. Fratini, P. Baglioni, *Poly(N-isopropylacrylamide)-hydroxyapatite nanocomposites as thermoresponsive filling materials on dentinal surface and tubules*, Journal of Colloid and Interface Science, 509, pp. 123–131, 2018.

2.5. Opis działalności naukowej przed uzyskaniem stopnia doktora

Swoją pracę naukową rozpocząłem w 1997r. realizując inżynierską pracę dyplomową pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Teodora Breczko. Tematem pracy była „*Laserowa amorfizacja warstwy wierzchniej*”. W ramach pracy dokonywałem miejscowego przetopu warstwy wierzchniej stopu Ni-Ti laserem CO₂. Następnie przeprowadzałem pomiary dyfraktometryczne XRD na dyfraktometrze rentgenowskim Dron-3. Pracę magisterską realizowałem również pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Teodora Breczko. Tematem pracy była konstrukcja i wykonanie uchwytu do badań piezoelektryka na mikroskopie sił atomowych Smena-B. Było to moje pierwsze zetknięcie się z mikroskopią bliskich oddziaływań. Pracę obroniłem w 2001r, kontynuując dalszą współpracę z Promotorem. W 2002r. zostałem zatrudniony na stanowisku starszego technika w Katedrze Fizyki Metali i Nanotechnologii UWM w Olsztynie, będąc odpowiedzialny m.in. za przeprowadzanie pomiarów AFM i MFM na mikroskopie SPM Smena-B oraz na dyfraktometrach rentgenowskich: Dron-3 i Dron-4. Początkowo zajmowałem się badaniami struktur magnetycznych stopów amorficznych oraz materiałów funkcjonalnych, jak: Sm-Fe, Sm-Co. Następnie skupiłem się na badaniach właściwości i struktury stopu Heuslera Ni-Mn-Ga, który stał się przedmiotem badań mojej rozprawy doktorskiej.

Wyniki badań z tego okresu opublikowałem w 2 czasopismach posiadających IF, 2 materiałach konferencyjnych indeksowanych w bazie WoS oraz 16 innych recenzowanych czasopismach naukowych.

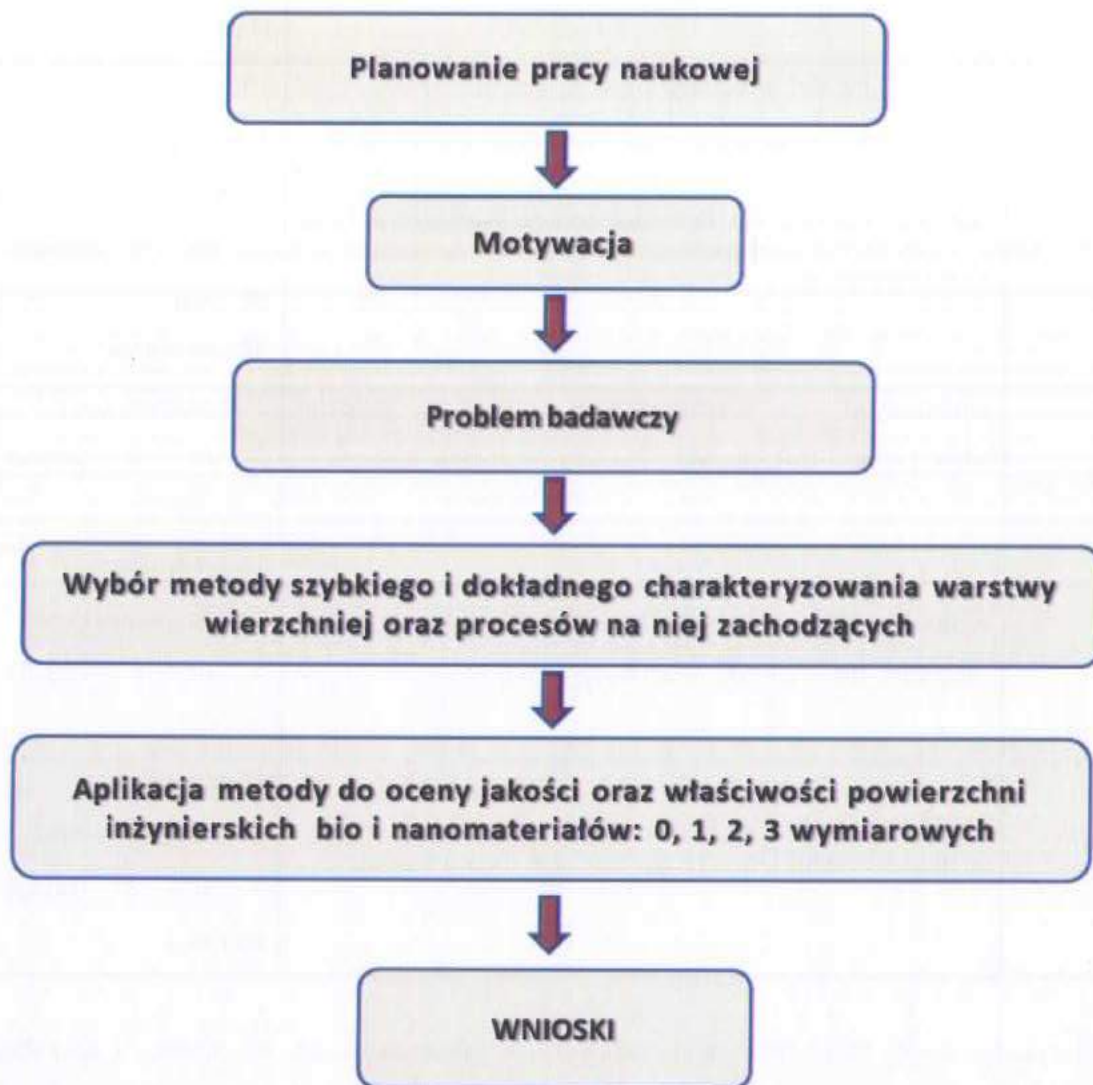
2.6. Opis działalności naukowej po uzyskaniu stopnia doktora

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych rozpocząłem pracę na stanowisku adiunkta w Katedrze Technologii Materiałów i Maszyn UWM w Olsztynie. Moja działalność naukowa skupia się głównie na badaniach przestrzennej struktury geometrycznej warstwy wierzchniej, badaniach metodami SPM oraz dyfraktometrii rentgenowskiej.

W swojej pracy badania eksperymentalne wspieram symulacjami komputerowymi oraz analizą numeryczną pozyskiwanych wyników. Moje zainteresowanie tematem analizy fraktalnej i problemu skali, sięga okresu jeszcze sprzed doktoratu. Ukazała się wówczas moja pierwsza publikacja z tego zakresu, a uwagom Recenzentów pracy doktorskiej zainteresowanie to ewoluowało. Zauważyli Oni i zgodzili się ze mną z tym, że wymiar fraktalny wyznaczany w dwóch głównych kierunkach anizotropii może być parametrem morfologicznym opisującym mikrostrukturę martenzytu. Uwagi te zachęciły mnie do szukania jak najszerzej aplikacji metod fraktalnych w opisie struktury geometrycznej powierzchni inżynierskich.

Od końca 2016r w zespołach z którymi współpracuję oprócz analiz fraktalnych i funkcjonalnych zajmuję się również: analizą fazową XRD metodą Rietvelda, wyznaczaniem wielkości bloków mozaiki, odkształceń sieciowych oraz modelowaniem składników struktury. Trzy prace zawierające moje wyniki badań z tego zakresu ukazały się w 2017 [3.1.1, 3.1.2 3.1.7], jedna została zaakceptowana do druku w *Biomedical Materials* oraz trzy są w trakcie recenzji. W ramach prowadzonej współpracy międzynarodowej uczestniczyłem również w dwóch grantach, realizowanych przez: *National Institute R&D Optoelectronics* (Rumunia) i *Islamic Azad University* (Iran).

Schematyczne odwzorowanie planowanego rozwoju naukowego po uzyskaniu stopnia doktora przedstawiłem na rys.10.



Rys. 10. Planowanie rozwoju naukowego po uzyskaniu stopnia doktora.

Szeroką aplikację stosowanych metod numerycznych analiz warstwy wierzchniej oraz włączenie się w nurt badań nad nowoczesnymi, ważnymi dla rozwoju techniki i medycyny materiałami umożliwiła mi współpraca z innymi ośrodkami badawczymi oraz z przemysłem. Od 2014r. prowadzę współpracę naukową z czterema zagranicznymi ośrodkami naukowymi i kilkoma polskimi. Prowadziłem również badania wspólnie z firmą ChM sp. z o.o. zajmującą się produkcją implantów i narzędzi dla ortopedii i traumatologii. Wyniki tych badań zostały opublikowane w czasopiśmie indeksowanym w bazie JCR.

Wykaz ośrodków oraz osób z którymi prowadzę współpracę naukową zestawilem w poniższej tabeli:

Lp.	Nazwa ośrodka / osoba kontaktowa	Osiągnięcia
1.	The Technical University of Cluj-Napoca, Faculty of Mechanical Engineering, Rumunia / <i>Prof. Stefan Talu</i>	15 artykułów 1 wystąpienie konf.
2.	National Institute for Optoelectronics, Rumunia / <i>Prof. Alina Vladescu</i>	2 artykuły 2 art. w trakcie recenzji
3.	Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Wydział Matematyki i Informatyki / <i>Dr hab. Sławomir Kulesza</i>	30 artykułów 7 wystąpień konf. 3 art. w trakcie recenzji
4.	School of physics, Institute for Research in Fundamental Sciences, Iran / <i>Dr Shahram Solaymani</i>	14 artykułów 1 wystąpienie konf. 3 art. w trakcie recenzji
5.	Shahid Beheshti University, Iran / <i>Dr Atefeh Ghaderi</i>	14 artykułów 1 wystąpienie konf. 3 art. w trakcie recenzji

Popularyzując swoje zainteresowania badawcze, a także dążąc do współpracy i szerokiej dyskusji nad pozyskiwanymi wynikami wygłosiłem w środowiskach naukowych oraz firmie ChM sp. z o.o. kilka seminariów. Do najważniejszych z nich można zaliczyć:

- Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, *Badania wykonywane metodą mikroskopii SPM oraz interpretacja otrzymanych wyników*, 2 października 2017r.
- Politechnika Łódzka, Instytut Inżynierii Materiałowej, *Zastosowanie numerycznych analiz pomiarów SPM/SEM w badaniach struktury geometrycznej i właściwości warstwy wierzchniej*, 30 czerwca 2017r.
- ChM Sp z o.o., *Charakteryzacja powierzchni materiałów biomedycznych na podstawie danych z mikroskopii bliskich oddziaływań*, 2 marca 2015r.

- Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej Polskiej Akademii Nauk, *Metody SPM w badaniach właściwości materiałów konstrukcyjnych i funkcjonalnych*, 24 października 2014r.
- Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauk Technicznych, *Zastosowanie metod korelacyjnych w badaniach morfologii oraz właściwości fizycznych powierzchni ciał stałych*, 26 maja 2014r.

Dotychczas recenzowałem 4 artykuły naukowe zamieszczone w czasopismach:

- Acta Physica Polonica A – 2 art. (lista A)
- Technical Sciences – 1 art. (lista B)
- Diagnostyka – 1 art. (lista B)
- Frontiers in Materials. Thin Solid Films – 1 art.

Dwukrotnie, tj. w 2011 i 2014r. aplikowałem do NCN o finansowanie projektu badawczego, niestety bez powodzenia.

2.7. Działalność dydaktyczna i organizacyjna

W swojej pracy dydaktycznej prowadzę, bądź prowadziłem wykłady i ćwiczenia laboratoryjne z następujących przedmiotów:

- Nauka o materiałach,
- Materiałoznawstwo i obróbka cieplna,
- Technologia metali,
- Techniki wytwarzania,
- Materiały konstrukcyjne,
- Komputerowo wspomagany dobór materiałów.

Jestem koordynatorem czterech przedmiotów, do których opracowywałem treści programowe, tzw. sylabusy.

Byłem promotorem 18 prac dyplomowych, obecnie również prowadzę 5 prac inżynierskich. Dwukrotnie pełniłem funkcję opiekuna roku na kierunku Mechanika i budowa maszyn oraz jestem członkiem Zespołu ds. Przygotowania Studiów Dualnych z firmą Michelin. Od października 2017r. uczestniczę w katedralnym zespole, opracowującym skrypt dydaktyczny.

W ramach tego zespołu jestem odpowiedzialny za część dotyczącą komputerowego wspomagania w doborze materiałów.

Za swój osobisty sukces dydaktyczny uważam wybór mojej osoby przez studentów Wydziału Nauk Technicznych na Belfra Roku WNT 2017. Konkurs jest organizowany corocznie przez Radę Uczelnianą Samorządu Studentów, a jego finał odbędzie się 24 stycznia 2018, na którym będzie wyłoniony Belfer Roku 2017 UWM.

Do działalności organizacyjnej, wspomagającej funkcjonowanie Wydziału Nauk Technicznych UWM w Olsztynie mogę również zaliczyć:

- członkostwo w Wydziałowej Komisji ds. Oceny Nauczycieli Akademickich (01.30.2015 ÷ 01.10.2016),
- członkostwo w Komisji w Sekcji Nauk Technicznych XLIII Międzynarodowego Seminarium Kół Naukowych,
- dwukrotne pełnienie funkcji sekretarza w Komisjach ds. Przeprowadzenia Przewodu Doktorskiego,
- trójkrotne uczestnictwo w Komisjach Rekrutacyjnych,
- opiekę nad pracownikami: mikroskopii sił atomowych, komputerowego wspomagania w doborze materiałów.

Jestem także członkiem dwóch towarzystw naukowych:

- Polskiego Towarzystwa Materiałoznawczego,
- Polskiego Towarzystwa Węglowego.

2.8. Nagrody i wyróżnienia

Za działalność naukową, dydaktyczną i organizacyjną zostałem wyróżniony jednym odznaczeniem uniwersyteckim, pięcioma nagrodami oraz wyborem przez studentów WNT na Belfra Roku 2017, zgodnie z poniższym wykazem:

1. Zespołowa Nagroda Rektora UWM w Olsztynie I stopnia za osiągnięcia w dziedzinie naukowej, Olsztyn, **2017r.**
2. **Belfer Roku 2017** na Wydziale Nauk Technicznych UWM – wybór przez studentów WNT na najlepszego nauczyciela Wydziału Nauk Technicznych w roku 2017 oraz nominacja do dalszego etapu konkursu ogólnouczelnianego. Wybory organizowane są przez Radę Uczelnianą Samorządu Studentów UWM w Olsztynie.

3. Srebrny Laur Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, **2016r.**
4. Zespołowa Nagroda Rektora UWM w Olsztynie I stopnia za osiągnięcia w dziedzinie naukowej, Olsztyn, **2016r.**
5. Zespołowa Nagroda Rektora UWM w Olsztynie I stopnia za osiągnięcia w dziedzinie naukowej, Olsztyn, **2015r.**
6. Zespołowa Nagroda Rektora UWM w Olsztynie II stopnia za osiągnięcia w dziedzinie naukowej, Olsztyn, **2011r.**
7. Indywidualna Nagroda Rektora za osiągnięcia w dziedzinie naukowej za rok 2009, UWM w Olsztynie, **2010r.**

3. Wykaz publikacji powstałych przed uzyskaniem stopnia doktora

3.1. Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR)

Liczba publikacji: 2.

1. T. Breczko, S. Ilyashenko, D. Bykov, O. Korpusov, **M. Bramowicz**, R. Grechishkin, *Thermomagnetic analysis and domain structure in the phase transition region of Ni-Mn-Ga and Co-Ni-Ga shape memory alloys*, Reviews on Advanced Materials Science, No 20, pp.101-106, 2009. (IF₂₀₀₉=0,558 - 20pkt. / poz. 7226A wg MNISW 2009)
2. T. Breczko, **M. Bramowicz**, N.Ye. Skryabina, L.V. Spivak, *The Domain Structure and Barkhausen Effect in Fe₇₈B₁₂Si₉Ni Amorphous Alloy* Technical Physics Letters Vol 30(5) pp. 383-384. May 2004. IF₂₀₀₄=0,511

3.2. Publikacje powstałe przed uzyskaniem stopnia doktora opublikowane w materiałach z konferencji ujętych w bazie Web of Science

Liczba publikacji: 2.

1. T. Breczko, **M. Bramowicz**, *Changes of thermal hysteresis during homogenization process of Ni-Mn-Ga polycrystalline alloy*, Proceedings of SPIE, Vol. 6597, 2007.
2. T. Breczko, **M. Bramowicz**, *On the determination of the stray field structure by magnetic force microscopy (MFM)*, Proceedings of SPIE, Vol.5400, 2004, p.24-29

3.3. Pozostałe publikacje powstałe przed uzyskaniem stopnia doktora

Liczba publikacji: 16.

1. T. Breczko, V. Nelayev, K. Dovzhik, M. Najbuk, **M. Bramowicz**, *Experimental investigations and computer simulations of selected physical properties of the Ni₂MnGa alloys*, Proceedings of NDTCS, Vol.12, 2008, pp.89-97 (Edited by V. Nelayev, V. Stempitsky; Published by Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics). (2pkt. / poz. 1053B wg MNISW 2008)
2. **M. Bramowicz**, S. Kłysz, *Application of Atomic Force Microscopy (AFM) in diagnostic of surface layer*, Research Works of AFIT, 2007, No 22, s.167-174. (2pkt. / poz. 1084B wg MNISW 2007)
3. **M. Bramowicz**, S. Kłysz, *Zastosowanie Mikroskopii Sił Atomowych (AFM) W Diagnostyce Warstwy Wierzchniej*, Prace Naukowe ITWL, 2007, Nr 22, s.159-166. (2pkt. / poz. 1084B wg MNISW 2007)
4. T. Breczko, **M. Bramowicz**, *Changes of thermal hysteresis during homogenization process of Ni-Mn-Ga polycrystalline alloy*, Proceedings of SPIE, Vol. 6597, 2007.
5. T. Breczko, D. Bykov, R. Grechishkin, A. Zalyotov, S. Ilyashenko, **M. Bramowicz**, *Martensite and magnetic domain structure of mono-, poly-, and nano-crystalline ferromagnetic shape memory alloys*, Proceedings of SPAS, Vol. 11, 2007. (2pkt. / poz. 1782B wg MNISW 2007)
6. T. Breczko, **M. Bramowicz**, *Changes of thermal hysteresis during homogenization process of Ni-Mn-Ga polycrystalline alloy*, Proceedings of SPAS jointly with UWM, Vol.10, 2006, pp.132-136.
7. T. Breczko, **M. Bramowicz**, J. Zaron, *Investigation of the martensite structure of Ni-Mn-Ga polycrystalline alloy*, Fracture Mechanics and Physics of Construction Materials and Structures, Issue 6, Lviv, Ukraine 2005, p.268-271.
8. T. Breczko, **M. Bramowicz**, *Calorimetric and microscopic study of Ni-Mn-Ga polycrystalline alloy*, Proceedings of SPAS, Vol.9, str.57-60, 2005.
9. T. Breczko, **M. Bramowicz**, *On the determination of the stray field structure by magnetic force microscopy (MFM)*, Proceedings of SPIE, Vol.5400, 2004, p.24-29
10. T. Breczko, **M. Bramowicz**, *Zmiany struktury krystalograficznej i domenowej w polu magnetycznym stopu SmFe₂* Technical News (ТЕХНІЧНІ БІСТІ, Громадсько-науковий часопис) Ukraine, Lviv, 1(18), 2(19), 2004 84-89.
11. T. Breczko, **M. Bramowicz**, *Crystallographic and microstructural properties of the Ni_{2.14}Mn_{0.86}Ga alloy*, Techn. Sc., no 7, Y. (2004) 191-199.
12. T. Breczko, **M. Bramowicz**, *The changes of crystallographic and domains structure of SmFe₂ Alloy in the magnetic field*. 6-th International Symposium of Ukrainian Mechanical Engineers in Lviv, 2003, s. 146.
13. T. Breczko, **M. Bramowicz**, R.M. Grechishkin, *MFM contrast obtained from soft magnetic amorphous Fe - based ribbons*, Proceedings of SPAS, Vol. 7 (2003), s.B24-B26.

14. T. Breczko, K. Kuś, **M. Bramowicz**, *Badanie wybranych właściwości materiałów funkcjonalnych*, Badania naukowe. Przegląd osiągnięć, Wyd. UWM w Olsztynie, Olsztyn, 2003, p. 97-100.
15. T. Breczko, **M. Bramowicz**, J. Szczepanek, *Izmienienie domiennej struktury magnitomyjagkich amorfnych spławów*. Struktura i swoistwa perspektiwicznych materiałów i spławów. Wielikij Nowgorod 2002.
16. T. Breczko, R.M. Grechishkin, **M. Bramowicz**, J. Szczepanek, L.E. Afanasieva, M.E. Guslov, *Comparative study of scanning force and polarized light microscopy of mag-netic and ferromagnetic domains*. Proceedings of SPAS, Vol. 6, 2002, B26-B28.

4. Wykaz pozostałych publikacji niewchodzących w skład szczególnego osiągnięcia naukowego, powstałych po uzyskaniu stopnia doktora

4.1. Pozostałe publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR)

Liczba pozostałych publikacji z bazy JCR niewchodzących w skład szczególnego osiągnięcia, powstałych po uzyskaniu stopnia doktora: **18**.

1. G Vladescu, D. M.Vranceanu, S. Kulesza, A. N. Ivanov, **M. Bramowicz**, A. S. Fedonnikov, M. Braic, I. A. Norkin, A. Koptioug, M. O. Kurtukova, M. Dinu, I. Pana, M. A. Surmeneva, R. A. Surmenev, C. M. Cotrut, *Influence of the electrolyte's pH on the properties of electrochemically deposited hydroxyapatite coating on additively manufactured Ti64 alloy*, Scientific Reports 7, 16819 (2017), DOI:10.1038/s41598-017-16985-z (40pkt./poz.A10140_2016) IF_2016=4,259
2. Naimeh Naseri, Ștefan Țălu, Sławomir Kulesza, Shervin Qarechaloo, Amine Achour, **Mirosław Bramowicz**, Atefeh Ghaderi, Shahram Solaymani, *How morphological surface parameters are correlated with electrocatalytic performance of cobalt-based nanostructures*, Journal of Industrial and Engineering Chemistry (in press) (2017), doi.org/10.1016/j.jiec.2017.08.012 (35pkt./poz.A6428_2016) IF_2016=4,421
3. S. Talu, **M. Bramowicz**, S. Kulesza, F. Pignatelli, M. Salerno, *Surface Morphology Analysis of Composite Thin Films based on Titanium-Dioxide Nanoparticles*, ACTA PHYSICA POLONICA A, Vol. 131 (2017), No. 6, pp. 1529-1533, DOI: 10.12693/APhysPolA.131.1529, (15pkt./poz.A198_2016) IF_2016=0,469
4. Ștefan Țălu, **Mirosław Bramowicz**, Sławomir Kulesza, Vali Dalouji, Mansoure Ilkhani, Atefeh Ghaderi, Shahram Solaymani, *Influence of annealing process on Surface micromorphology of carbon-nickel composite thin films*, Optical and Quantum Electronics (2017) 49:204, DOI 10.1007/s11082-017-1040-5, (25pkt./poz.A8750_2016) IF_2015=1,29
5. Ștefan Țălu, **Mirosław Bramowicz**, Sławomir Kulesza, Ilena Fiorillo, Stefano Giovanzana, *Fractal features and surface micromorphology of unworn surfaces of*

- rigid gas permeable contact lenses*, Current Eye Research, (2017) Vol.42 Issue 8, pp. 1118-1123, DOI: 10.1080/02713683.2017.1293115, (25pkt./poz.A2700_2016) IF_2016=2,386
6. Stefan Talu, Slawomir Kulesza, **Mirosław Bramowicz**, Ali Arman, Carlos Luna, Amine Achour, Azin Ahmadpourian, *Fractal Nature of Nanocomposite Thin Films with Co NPs in a-C:H Matrix*, Silicon, (2017), DOI 10.1007/s12633-016-9512-y, (20pkt./poz.A10257_2016) IF_2015=0,86
 7. Naimeh Naseri, Shahram Solaymani, Atefeh Ghaderi, **Mirosław Bramowicz**, Slawomir Kulesza, Stefan Talu, Mohammad Pourreza, Shahnaz Ghasemig, *Microstructure, morphology and electrochemical properties of Co nanoflake water oxidation electrocatalyst at micro- and nanoscale*, RSC Advances (RSC Adv.), 2017, 7, 12923–12930, DOI: 10.1039/c6ra28795f, (30pkt./poz.A10011_2016) IF_2015=3,289
 8. **M. Bramowicz**, S. Kulesza, P. Lewalski, J. Szatkowski, *Structural Studies of Welds in Wear-Resistant Steels*, Acta Physica Polonica A, Vol. 130, No. 4, pp. 963-965, (2016), DOI: 10.12693/APhysPolA.130.963, (15pkt./poz.A186_2015) IF_2015=0,525
 9. S. Kulesza, **M. Bramowicz**, P. Czaja, R. Jabłoński, J. Kropiwnicki, M. Charkiewicz, *Application of Atomic Force Microscopy for Studies of Fractal and Functional Properties of Biomaterials*, Acta Physica Polonica A, Vol. 130, No. 4, pp. 1013-1015, (2016), DOI: 10.12693/APhysPolA.130.1013 (15pkt./poz.A186_2015) IF_2015=0,525
 10. Shahram Solaymani, Atefeh Ghaderi, Slawomir Kulesza, **Mirosław Bramowicz**, *Comment on: "The effect of pressure on morphological features and quality of synthesized graphene"* [Res Chem Intermed journal DOI 10.1007/s11164-016-2594-8], Research on Chemical Intermediates, (2016), DOI: 10.1007/s11164-016-2758-6, (20pkt./poz.A9637_2015) IF_2015=1,833
 11. Ştefan Ţălu, **Mirosław Bramowicz**, Slawomir Kulesza, Vali Dalouji, Shahram Solaymani, Shahoo Valedbagi, *Fractal features of carbon–nickel composite thin films*, Microscopy Research and Technique, (2016), DOI: 10.1002/jemt.22779 (20pkt./poz.A8030_2015) IF_2015=1.13
 12. Ştefan Ţălu, **Mirosław Bramowicz**, Slawomir Kulesza, Azizollah Shafiekhani, Maryam Rahmati, Atefeh Ghaderi, Mohammad Ahmadi, Shahram Solaymani, *Microstructure of Nickel Nanoparticles Embedded in Carbon Films: Case Study on Annealing Effect by Micromorphology Analysis*, Surface and Interface Analysis (2016) DOI: 10.1002/sia.6074 (15pkt./poz.A310436_2015) IF_2015=1.018
 13. Ştefan Ţălu, Shahram Solaymani, **Mirosław Bramowicz**, Slawomir Kulesza, Atefeh Ghaderi, Samaneh Shahpouri, Seyed Mohammad Elahi, *Effect of electric field direction and substrate roughness on three-dimensional self-assembly growth of copper oxide nanowires*, Journal of Materials Science: Materials in Electronics, Volume 27, Issue 9, pp 9272-9277(2016), DOI: 10.1007/s10854-016-4965-8 (25pkt./poz.A6534_2015) IF_2015=1.798
 14. Ştefan Ţălu, **Mirosław Bramowicz**, Slawomir Kulesza, Atefeh Ghaderi, Shahram Solaymani, Mahboubeh Fathi Kenari, and Mahmood Ghoranneviss, V. Dalouji, *Fractal Features and Surface Micromorphology of Diamond Nano-Crystals*, Journal of Microscopy (2016) – Vol. 264, Issue 2, pp. 143-152, DOI: 10.1111/jmi.12422 (30pkt./poz.A6593_2015) IF_2015=2.136

15. D.M. Vranceanu, C.M. Cotrut, **M. Bramowicz**, I. Titorencu, S. Kulesza, A. Kiss, A. Berbecaru, V. Pruna, M. Branzei, A. Vladescu, *Osseointegration of sputtered SiC-added hydroxyapatite for orthopaedic applications*, Ceramics International Vol. 42, Issue 8, pp. 10085-10093, (2016), doi: 10.1016/j.ceramint.2016.03.114, **(40pkt./poz.A1996_2015) IF_2015=2.758**
16. Ș. Țălu, **M. Bramowicz**, S. Kulesza, S. Solaymani, A. Ghaderi, L. Dejam, S.M. Elahi, A. Boochani, *Microstructure and Micromorphology of ZnO Thin Films: Case Study on Al Doping and Annealing Effects*, Superlattices and Microstructures 93, pp 109-121 (2016), doi: 10.1016/j.spmi.2016.03.003, **(25pkt./poz.A10430_2015) IF_2015=2.117**
17. Stefan Talu, Shahram Solaymani, **Mirosław Bramowicz**, Naimeh Naseri, Sławomir Kulesza, Atefeh Ghaderi, *Surface Micromorphology and Fractal Geometry of Co/CP/X (X= Cu, Ti, SM and Ni) Nanoflake Electrocatalysts*, RSC Advances (2016), 6, pp 27228-27234 DOI: 10.1039/C6RA01791F, **(35pkt./poz.A9879_2015) IF_2015=3.289**
18. P. Czaja, W. Maziarz, J. Przewoźnik, A. Żywczak, P. Ozga, **M. Bramowicz**, S. Kulesza, J. Dutkiewicz, *Surface topography, microstructure and magnetic domains in Al for Sn substituted metamagnetic Ni-Mn-Sn Heusler alloy ribbons*, Intermetallics, Vol.55, pp.1-8 (2014), DOI:10.1016/j.intermet.2014.07.001 **(30pkt./poz.A4721_2014) IF_2014=2.131**

4.2. Pozostałe publikacje w materiałach z konferencji ujętych w bazie Web of Science

Liczba publikacji w materiałach z konferencji indeksowanych w bazie WoS niewchodzących w skład szczególnego osiągnięcia, powstałych po uzyskaniu stopnia doktora: 1.

1. T. Lipiński, **M. Bramowicz**, P. Szabracki, *The Microstructure and Mechanical Properties of Al-7%SiMg Alloy Treated with a Exothermic Modifier Contained Na and B*, Solid State Phenomena, Vols. 203-204 (2013), Editors: Danuta Stróż and Grzegorz Dercz, ISBN-13: 978-3-03785-754-0, 2013, pp.250-253. **(10pkt. / poz. 2054B Wg MNISW 2013 ISSN 1012-0394).**

4.3. Pozostałe publikacje w czasopismach umieszczonych na liście B wykazu czasopism punktowanych MNISW powstałe po uzyskaniu stopnia doktora

Liczba publikacji umieszczonych na liście B wykazu czasopism punktowanych MNiSW niewchodzących w skład szczególnego osiągnięcia, powstałych po uzyskaniu stopnia doktora:

13.

1. **M. Bramowicz**, S. Kulesza, W. Sobieski, *Characteristics of porous beds based on fractal parameters*, Technical Sciences 20 (2) 2017, **(11pkt./poz.B1906_2016).**
2. P. Szabracki, T. Dowiedczyk, T. Lipiński, **M. Bramowicz**, *Trójwymiarowe modelowanie i weryfikacja powierzchni ciętej strumieniem wodnościernym na podstawie rekonstrukcji 3D topografii powierzchni*, Inżynieria Materiałowa Nr 3/2014,

- s.263-269, PL ISSN 0208-6247. (7pkt. / poz. 967B Wg MNISW 2014 ISSN 0208-6247).
3. P. Szabracki, **M. Bramowicz**, T. Lipiński, *Development and verification of work hardening models for X2CrNiMoN25-7-4 super duplex stainless steel after sigma phase precipitation hardening used for FEM simulations*, Journal of Power Technologies, Vol. 29, Issue 3, ISSN 2083-4187 pp. 166-173, 2012. (4pkt. / poz. 701 wg MNISW 2012 ISSN 2083-4187).
 4. **M. Bramowicz**, *Determination of residual pseudo-chemical energy and energy dissipative during reversible martensitic transformation in $Ni_{52.2}Mn_{21.3}Ga_{26.5}$ alloy*, Technical Sciences 14/2, 2011, pp. 279-285. PL ISSN 1505-4675. (6pkt. / poz. 1535B wg MNISW 2011).
 5. P. Szabracki, T. Lipiński, **M. Bramowicz**, K. Rychlik, *Influence of steel manufacturing process X2CrNiMoN25-7-4 on its structure*, Technical Sciences 14/2, 2011, pp. 315-325. PL ISSN 1505-4675. (6pkt. / poz. 1535B wg MNISW 2011).
 6. K. Rychlik, M. Jastrzębski, **M. Bramowicz**, *Modularyzacja konstrukcji w technologii głębokiego wiercenia otworów wiertłami lufowymi*, Technologia i Automatyzacja Montażu, Nr 2/2011, str. 51-55, 2011r. (6pkt. / poz. 1543B wg MNISW 2011)
 7. K. Rychlik, M. Jastrzębski, **M. Bramowicz**, *Problemy smarowania, chłodzenia i odwiórowania w technologii głębokiego wiercenia*, Technologia i Automatyzacja Montażu, Nr 1/2011, str.21-24, 2011r. (6pkt. / poz. 1543B wg MNISW 2011)
 8. P. Szabracki, **M. Bramowicz**, T. Lipiński, *The computer analysis shape of reflexes XRD on the basis of X2CrNiMoN25-7-4 steel*, Technical Sciences No 13, pp. 266-281, 2010, PL ISSN 1505-4675. (6pkt. / poz. 1535B wg MNISW 2010)
 9. Lipiński, **M. Bramowicz**, P. Szabracki, P. Mikołajczyk, M. Cudakiewicz, *Abrasive wear of the AlSi12Mg with Al-Si alloy for casting machine parts*, Technical Sciences No 13, pp. 212-220, 2010. (6pkt. / poz. 1535B wg MNISW 2010)
 10. K. Rychlik, **M. Bramowicz**, *Metoda nacinania gwintów wewnętrznych w regenerowanych połączeniach gwintowych korpusów turbin*, Technologia i Automatyzacja Montażu, Nr 4/2010, str.10-13, 2010r. (6pkt. / poz. 1543B wg MNISW 2010)
 11. **M. Bramowicz**, *Analiza fraktalna mikrostruktury martenzytycznej*, Inżynieria Materiałowa Nr 5(177), str. 1328-1331, 2010r, PL ISSN 0208-6247. (9pkt. / poz. 632B wg MNISW 2010)
 12. K. Rychlik, **M. Bramowicz**, *Metoda nacinania gwintów wewnętrznych w regenerowanych połączeniach gwintowych korpusów turbin*, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej nr 273, Mechanika z.79 Połączenia montażowe, str.183-189, 2010r (mat. konf.). (2pkt. / poz. 1173B wg MNISW 2010)
 13. **M. Bramowicz**, *Zastosowanie mikroskopii sił atomowych (AFM) w ocenie stopnia anizotropii mikrostruktury*, Inżynieria Materiałowa Nr 4, str.235-238, 2009r, PL ISSN 0208-6247. (6pkt. / poz. 492B wg MNISW 2009)

4.4. Rozdziały w monografiach powstałe po uzyskaniu stopnia doktora

Liczba rozdziałów w monografiach niewchodzących w skład szczególnego osiągnięcia, powstałych po uzyskaniu stopnia doktora: 10.

1. T. Lipiński, **M. Bramowicz**, P. Szabracki, *The quality of weld joint tested by visual and radiography methods*, In: S. Borkowski, P. Sygut (editors), Improvement's factors in enterprises products development, Chapter 2, Faculty of Logistics, University of Maribor, Celije 2013, pp. 19-30. ISBN 978-961-6562-73-7
2. T. Lipiński, **M. Bramowicz**, P. Mazur, P. Szabracki, P. Piątkowski, *The quality of weld joint in typical constructions tested by visual testing*, In: S. Borkowski, M. Klimecka-Tatar (editors), Quality of Materials. Chapter 3, Oficyna Wydawnicza Stowarzyszenia Menadżerów Jakości i Produkcji, Częstochwa 2012, pp. 27-42. ISBN 978-83-934225-4-8. (6pkt.)
3. T. Lipiński, **M. Bramowicz**, P. Szabracki, *Diagnostics of quality of the technical device on the using stage by visual testing method*, In: S. Borkowski, M. Konstanciak (editors), Production improvement. Chapter 1, Trnava, Słowacja 2011, pp. 9-25. ISBN 978-80-89291-45-8. (6pkt.)
4. **M. Bramowicz**, *The influence of isothermal annealing on microstructure of Ni-Mn-Ga alloy*, Chapter 7 in monograph: Technical and food products quality, S. Borkowski, K. Szołtysek (red.), pp.79-90, Dnipropetrovsk 2010, ISBN 978-966-1507-32-5.
5. T. Lipiński, **M. Bramowicz**, P. Szabracki, P. Mikołajczyk, M. Cudakiewicz, *Steering the hardness and the density of alloy AlSi9Mg intended for parts of machines*, Chapter 13 in monograph: Quality and process improvement, S. Borkowski, P. Czaja (red.), pp.143-158, Sisak 2010, ISBN 978-953-56242-2-6.
6. T. Lipiński, **M. Bramowicz**, P. Szabracki, P. Mikołajczyk, M. Cudakiewicz, *Change of exploitational properties of technical M4 copper by superficial treatment*, Chapter 12 in monograph: Engineering and quality production, S. Borkowski, E.B. Tsoy (red.) pp.150-165, Dnipropetrovsk 2010, ISBN 978-966-1507-34-9.
7. T. Lipiński, P. Szabracki, **M. Bramowicz**, K. Rychlik, *Computer modelling structural components of duplex stainless steel*, Chapter 5 in monograph: Process innovation, S. Borkowski, O.J. Shevtsova (red.), pp.56-69, Dnipropetrovsk 2010, ISBN 978-966-1507-33-2.
8. **M. Bramowicz**, *Analysis of domains and crystallographic structures of Ni-Mn-Ga alloy*, Chapter 3 in monograph: Effectiveness of the machines maintenance and processes, S. Borkowski, J. Selejdak (red.), pp. 29-38, Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk 2009, ISBN 978-5-7782-1166-7.
9. **M. Bramowicz**, M. Cudakiewicz, *XRD investigation of X2CrNiMoN22-6-3 duplex stainless steel*, Chapter 13 in monograph: Evaluation of Production Processes, pp.131-140, Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk 2009, ISBN 978-5-7782-1169-8.
10. T. Lipiński, P. Szabracki, **M. Bramowicz**, *The diagnostics of technical safety level objects by non destructive testing basis*, Chapter 11 in monograph: Evaluation of

5. Wystąpienia i prezentacje konferencyjne

5.1. Wystąpienia i prezentacje konferencyjne przed uzyskaniem stopnia doktora

1. T. Breczko, **M. Bramowicz**, *Changes of thermal hysteresis during homogenization process of Ni-Mn-Ga polycrystalline alloy*, Tenth International Workshop on New Approaches to Hight-Tech: Nondestructive Testing and Computer Simulations in Science and Engineering, 5-8 July 2006, Olsztyn, Poland.

5.2. Wystąpienia i prezentacje konferencyjne po uzyskaniu stopnia doktora

1. S. Kulesza, S. Wilczyński, M. Gwoździk, **M. Bramowicz**, *Study on resistance of human nail plates against chemical degradation*, 8th AFM BioMed Conference 2017.
2. **M. Bramowicz**, S. Kulesza, L. Braic, F. Ak Azem, I. Birlik, A. Vladescu, *Wpływ temperatury wytwarzania na właściwości mechaniczne i topografię powierzchni warstw hydroksyapatytu*, Badania prowadzone metodami skaningowej mikroskopii bliskich oddziaływań STM/AFM 2016, 30.11-04.12.2016 Zakopane, Polska.
3. S. Kulesza, **M. Bramowicz**, S. Talu, T. Lainović, M. Vilotić, L. Błazić, *Oddziaływanie sztucznej śliny na warstwę wierzchnią biomateriałów stomatologicznych badane z użyciem analizy fraktalnej*, Badania prowadzone metodami skaningowej mikroskopii bliskich oddziaływań STM/AFM 2016, 30.11-04.12.2016 Zakopane, Polska.
4. S. Kulesza, **M. Bramowicz**, P. Czaja, R. Jabłoński, J. Kropiwnicki, M. Charkiewicz, *Application of Atomic Force Microscopy for studies of fractal and functional properties of biomaterials*, XXIII Conference on Applied Crystallography, 20-24.09.2015, Krynica-Zdrój, Polska.
5. **M. Bramowicz**, S. Kulesza, P. Lewalski, J. Szatkowski, *Structural studies of welds in wear-resistant steels*, XXIII Conference on Applied Crystallography, 20-24.09.2015, Krynica-Zdrój, Polska.

6. **M. Bramowicz**, S. Kulesza, *Optymalizacja parametrów skanowania MFM z zastosowaniem analizy fraktalnej*, Badania prowadzone metodami skaningowej mikroskopii bliskich oddziaływań STM/AFM 2014, Zakopane 3-7 grudnia 2014.
7. S. Kulesza, **M. Bramowicz**, *Zmiany właściwości funkcjonalnych warstwy diamentowej w procesie jej kształtowania się*, Badania prowadzone metodami skaningowej mikroskopii bliskich oddziaływań STM/AFM 2014, Zakopane 3-7 grudnia 2014.
8. S. Kulesza, **M. Bramowicz**, *AFM observation of changes in surface description parameters of heteroepitaxially-grown thin diamond films*, The 9th Torunian Carbon Symposium, Toruń 14-18 września 2014.
9. **M. Bramowicz**, S. Kulesza, G. Mrozek, *Changes in magnetic domain structure of maraging steel studied by magnetic force microscopy*, Jubileuszowa Międzynarodowa Konferencja Naukowa "Rozwój Budownictwa, Budowy i Eksploatacji Maszyn oraz Inżynierii Rolniczej", UWM w Olsztynie, Olsztyn 25-27 czerwca 2014r.
10. P. Czaja, W. Maziarz, **M. Bramowicz**, S. Kulesza, J. Dutkiewicz, *Surface topography, microstructure and magnetic domains in Al for Sn substituted ferromagnetic Ni-Mn-Sn Heusler alloy ribbons*, International Conference Intermetallics 2013, 30 September–04 October 2013, Banz, Germany.
11. **M. Bramowicz**, S. Kulesza, *A magnetic force microscopy study of magnetic domain structure in maraging steel*, XXII Conference on Applied Crystallography, 2-6.09.2012, Targanice, Polska.
12. **M. Bramowicz**, S. Kulesza, T. Lipinski, P. Szabracki, P. Piatkowski, *Fractal analysis of AFM data characterizing strongly isotropic and anisotropic surface topography*, XXII Conference on Applied Crystallography, 2-6.09.2012, Targanice, Polska.
13. T. Lipinski, **M. Bramowicz**, P. Szabracki, *The microstructure and mechanical properties of Al-7%SiMg alloy treated with an exothermic modifier containing Na and B*, XXII Conference on Applied Crystallography, 2-6.09.2012, Targanice, Polska

Mirosław Bramowicz