POLITECHNIKA KRAKOWSKA
im. Tadeusza Kościuszki

WYDZIAŁ MECHANICZNY
Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji

Załącznik nr3a

AUTOREFERAT

Załącznik do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego
w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn

dr inż. Magdalena Niemczewska-Wójcik

Kraków, dn. 07.09.2018

SPIS TREŚCI

1. Dane osobowe 3
2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe 3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych 4
   - 3.1. Przebieg pracy zawodowej 4
   - 3.2. Pełnione funkcje 4
4. Wskazanie osiągnięcia naukowego 5
   - 4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego 5
   - 4.2. Wykaz prac naukowych dokumentujących osiągnięcia naukowe, stanowiące podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego 5
   - 4.3. Omówienie celu i osiągniętych wyników prac naukowych oraz sposobu ich wykorzystania 7
   - 4.4. Główne osiągnięcia naukowo-badawcze i kierunki dalszych prac 16
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych 18
   - 5.1. Osiągnięcia naukowo – badawcze przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych 18
   - 5.2. Osiągnięcia naukowo – badawcze po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych 19
6. Omówienie dorobku i osiągnięć popularyzatorskich, dydaktycznych, organizacyjnych 21
7. Podsumowanie – sumaryczne zestawienie kryteriów osiągnięć 23

1. Dane osobowe

1.1. Imię i nazwisko: Magdalena Niemczewska-Wójcik
1.2. Stopień naukowy: doktor nauk technicznych
1.3. Miejsce i adres zatrudnienia:

Politechnika Krakowska
Wydział Mechaniczny
Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji
Al. Jana Pawła II 37
31-864 Kraków
tel. +48 12 374 32 60, fax. +48 374 32 02, kom. +48 501 456 836
e-mail: niemczewska@mech.pk.edu.pl

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

2006 – stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn

Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny
Temat rozprawy doktorskiej: *Kształtowanie powierzchni elementów endoprotez wykonanych z materiałów ceramicznych* (wyróżnienie Rady Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej za rozprawę doktorską)
Promotor: prof. dr hab. inż. Józef Gawlik (Politechnika Krakowska)
Recenzenci: prof. dr hab. inż. Vladimir Liubimow (Politechnika Rzeszowska)
prof. dr hab. inż. Stanisław Mazurkiewicz (Politechnika Krakowska)

2004 – tytuł zawodowy magistra inżyniera (II specjalność)

Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny
Kierunek: Zarządzanie i Marketing
Specjalność: Zarządzanie i Marketing w Transporcie
Temat pracy dyplomowej: *Działania analityczne i marketingowe w dziedzinie pojazdów szynowych w komunikacji europejskiej oraz regionalnej* (studia ukończone z wyróżnieniem)
Promotor: dr inż. Andrzej Kobielski

2002 – Studium Pedagogiczne Politechniki Krakowskiej

Politechnika Krakowska

2001 – tytuł zawodowy magistra inżyniera (I specjalność)

Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny
Kierunek: Zarządzanie i Marketing
Specjalność: Zarządzanie i Restrukturyzacja Zakładów
Temat pracy dyplomowej: *Marketing dóbr i usług przemysłowych na przykładzie tokarki sterowanej numerycznie TAE-30N* (studia ukończone z wyróżnieniem)
Promotor: prof. dr hab. inż. Józef Gawlik

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

3.1. Przebieg pracy zawodowej

W październiku 2001 roku na Wydziale Mechanicznym Politechniki Krakowskiej rozpoczęłam studia doktoranckie, a od października 2002 roku, po uzyskaniu uprawnień nauczyciela akademickiego, podjęłam się realizacji obowiązków doktoranta w Instytucie Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji, biorąc udział w pracach badawczych Instytutu oraz realizacji zajęć dydaktycznych prowadzonych przez Instytut, zarówno na studiach stacjonarnych jak też na studiach niestacjonarnych.
W lutym 2006 roku rozpoczęłam pracę w Instytucie Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej na stanowisku asystenta naukowo-dydaktycznego. Po odbytym sześciomiesięcznym stażu przemysłowym oraz uzyskaniu stopnia doktora, w dniu 1 października 2007 otrzymałam mianowanie na stanowisko adiunkta naukowo-dydaktycznego, na którym pracuję do chwili obecnej.

Lata pracy	Stanowisko
01.10.2007 –	Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji, Katedra Inżynierii Procesów Produkcyjnych. Praca na stanowisku **adiunkta** naukowo-dydaktycznego.
01.02.2006 – 30.09.2007	Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji, Katedra Inżynierii Procesów Produkcyjnych. Praca na stanowisku **asystenta** naukowo-dydaktycznego.
01.10.2001 – 31.01.2006	Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, **Studia Doktoranckie**. Praca w ramach umowy o dzieło (prowadzenie zajęć dydaktycznych) w Instytucie Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji.

3.2. Pełnione funkcje

W mojej dotychczasowej pracy zawodowej pełniłam również funkcje organizacyjne, w tym pełnomocnika dziekana ds. studenckich kół naukowych działających na Wydziale Mechanicznym Politechniki Krakowskiej oraz zastępcy dyrektora ds. dydaktyki w Instytucie Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji. Obecnie pełnię funkcję prodziekana ds. kształcenia na Wydziale Mechanicznym Politechniki Krakowskiej.

Lata pełnienia funkcji	Funkcja
01.09.2016 –	**Prodziekan** ds. kształcenia, Wydział Mechaniczny Politechniki Krakowskiej, kadencja 2016-2020.
2009 – 2016	**Zastępca Dyrektora** ds. dydaktyki, Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji, Wydział Mechaniczny Politechniki Krakowskiej.
01.09.2008 –	**Pełnomocnik** Dziekana Wydziału Mechanicznego ds. Studenckich Kół Naukowych.

4. Wskazanie osiągnięcia naukowego

Osiągnięciem naukowym, stanowiącym podstawę wszczęcia postępowania habilitacyjnego i znaczny wkład w rozwój dyscypliny Budowa i Eksploatacja Maszyn, według art.16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.), jest cykl 10 publikacji powiązanych tematycznie, na który składa się monografia oraz dziewięć artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach znajdujących się w bazie *JCR* (lista A wykazu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego – sześć artykułów) oraz w czasopiśmie krajowym znajdującym się poza bazą *JCR* (lista B wykazu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego – trzy artykuły).

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Koincydencja stereometrycznych i tribologicznych badań warstwy wierzchniej

4.2. Wykaz prac naukowych dokumentujących osiągnięcia naukowe, stanowiące podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego

Monografia

H1 **Niemczewska-Wójcik M.**: *Dualny system charakteryzowania powierzchni technologicznej i eksploatacyjnej warstwy wierzchniej elementów trących.* Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB, Kraków 2018, s. 228, ISBN 978-83-7789-528-3. (http://suw.biblos.pk.edu.pl/resourceDetailsRPK&rId=81502)

Recenzenci wydawniczy:
prof. dr hab. inż. Wojciech Wieleba (Politechnika Wrocławska)
dr hab. inż. Czesław Łukianowicz, prof. nadzw. (Politechnika Koszalińska)

Publikacje	udział autorski	*IF*	MNiSW
H2 **Niemczewska-Wójcik M.**: *The influence of the surface geometric structure on the functionality of implants*. WEAR (2011) Vol. 271/3-4, 596÷603.	100%	1,872	32
H3 **Niemczewska-Wójcik M.**, Mańkowska-Snopczyńska A., Piekoszewski W.: *Badania tribologiczne materiałów do zastosowań w technice medycznej.* Tribologia: teoria i praktyka (2015) Vol. 4, 111÷122.	70%		15
H4 **Niemczewska-Wójcik M.**, Piekoszewski W.: *Analiza procesów tribologicznych występujących w skojarzeniu panewka-główka endoprotezy stawu biodrowego.* Tribologia: teoria i praktyka (2015) Vol. 6, 81÷92.	80%		15
H5 **Niemczewska-Wójcik M.**: *Multi-sensor measurements of titanium alloy surface texture formed at subsequent operations of precision machining process*. Measurement (2017) Vol. 96, 8÷17.	100%	2,218	30

H6	**Niemczewska-Wójcik M.**, Piekoszewski W.: *The surface texture and its influence on the tribological characteristics of a friction pair: metal-polymer*. Archives of Civil and Mechanical Engineering (2017) Vol.17, Issue 2, 344÷353.	80%	2,763	30
H7	**Niemczewska-Wójcik M.**: *Coincidence of the technology and the surface topography of spherical elements occuring during machining process of high precision.* Tribologia: teoria i praktyka (2016) Vol. 6, 83÷94.	100%		15
H8	**Niemczewska-Wójcik M.**, Piekoszewski W.: *The surface topography of a metallic femoral head and its influence on the wear mechanism of a polymeric acetabulum*. Archives of Civil and Mechanical Engineering (2017) Vol. 17, Issue 2, 307÷317.	80%	2,763	30
H9	**Niemczewska-Wójcik M.**: *Wear mechanisms and surface topography of artificial hip joint components at the subsequent stages of tribological tests*. Measurement (2017) Vol. 107, 89÷98.	100%	2,218	30
H10	**Niemczewska-Wójcik M.,** Wójcik A.: *The machining process and multi-sensor measurements of the friction components of total hip joint prosthesis.* Measurement (2018) Vol. 116, 56÷67	70%	2,359	30

W pracach stanowiących cykl publikacji powiązanych tematycznie **H1÷H10** mój udział polegał na: inicjowaniu tematu, dokonaniu przeglądu literatury, opracowywaniu metodyki badań eksperymentalnych (technologicznych i eksploatacyjnych) oraz badań metrologicznych (stereometrycznych), w których brałam czynny udział jako wykonawca (m.in. badania z wykorzystaniem WLIM, AFM, OM) oraz uczestnik – koordynator (badania eksperymentalne i badania metrologiczne – badania z wykorzystaniem CMM, SEM), zestawianiu wyników badań oraz ich dyskusji, opracowaniu wniosków, redagowaniu publikacji, jak również konsultowaniu treści ze współautorami oraz koordynowaniu procesu wydawniczego.

Średni udział procentowy w opracowanie cyklu publikacji powiązanych tematycznie (z wyłączeniem monografii) **H2÷H10** wynosi **86,67 %**. Sumaryczny *Impac Factor* (*IF*) publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego wynosi **14,193**, przy łącznym *IF* wszystkich publikacji **20,45**. Liczba punktów cyklu publikacji (z wyłączeniem monografii) **H2÷H10** wg wykazu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (zgodna z rokiem opublikowania), uwzględniająca mój udział procentowy wynosi **198,5** (przy całkowitej liczbie punktów **227,0**).

Prace wchodzące w skład osiągnięcia naukowego wraz z zakresem mojego wkładu w ich powstanie oraz oszacowanym udziałem procentowym przedstawiono w **Załączniku nr4**, **pkt. IB**.

Kopie prac, stanowiących podstawę wszczęcia postępowania habilitacyjnego wraz z oświadczeniami współautorów, określającymi indywidualny wkład każdego z nich w powstanie prac **H2÷H10**, zawarto w **Załączniku nr5** (Kopie prac stanowiących osiągnięcie naukowe) oraz **Załączniku nr6** (Oświadczania współautorów).

4.3. Omówienie celu i osiągniętych wyników prac naukowych oraz sposobu ich wykorzystania

Tematyka podejmowanych w ramach działalności naukowej prac mieści się w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn; z uwagi na wielowątkowość problemów naukowych łączy zagadnienia z obszaru inżynierii materiałowej (charakterystyka materiałów trudnoskrawalnych oraz materiałów specjalnego przeznaczenia, np. w technice medycznej), inżynierii produkcji (badania technologiczne, w tym technologia wytwarzania – kształtowanie technologicznej warstwy wierzchniej TWW w procesie obróbki końcowej), metrologii warstwy wierzchniej (badania stereometryczne powierzchni wytworzonej – TWW, jak też powierzchni eksploatowanej – EWW*)* oraz tribologii (badania tarciowo-zużyciowe inaczej tribologiczne – charakterystyki tribologiczne, mechanizmy zużycia, produkty zużycia).
Pomimo szerokiego zakresu istniejącej wiedzy w każdym z wymienionych obszarów rozpatrywanym osobno, istnieje szereg problemów, których rozwiązywanie wymaga kompleksowego podejścia i wykorzystania komplementarnych metod badawczych.

Jednym z nich jest problematyka zwiększania trwałości systemów tribologicznych oraz niezawodności zawierających je obiektów technicznych. Trwałość systemu tribologicznego uzależniona jest od wielu czynników, w tym zastosowanych materiałów na elementy składowe systemu, geometrii i ukształtowania w procesie technologicznym powierzchni współpracujących tarciowo elementów, warunków współpracy oraz czynników zakłócających sprawne funkcjonowanie systemu (m.in. mechanizmy zużycia oraz produkty zużycia). Zagadnienia z tego obszaru stanowiły tematykę badań wielu naukowców zarówno w kraju, jak i zagranicą (m.in. M. Bigerelle, L. Blunt, J.H. Dumbleton, T.G. Mathia, G.W. Stachowiak, H. Zahouani).

Wyniki badań własnych i obcych wskazują, że w prowadzeniu skutecznych badań systemów tribologicznych, celem określenia najlepszych rozwiązań pod względem trwałości i niezawodności obiektów technicznych zawierających te systemy, najwłaściwsze jest stosowanie podejścia wielowątkowego.

Wykonanie szczegółowych i powtarzanych badań tribologicznych, przyjmując różne wartości wymienionych czynników, pomiary i analizy przebiegu procesów jest czasochłonne i kosztowne. Dlatego racjonalny program badań powinien obejmować ograniczoną liczbę czynników w wąskim zakresie zmian wartości parametrów je charakteryzujących.

Z wymienionych czynników, mających wpływ na trwałość systemu tribologicznego, najmniej uwagi do tej pory poświęcono badaniom wpływu charakterystyk powierzchni technologicznej warstwy wierzchniej elementów trących na charakterystyki tribologiczne węzła tarcia oraz charakterystyki powierzchni eksploatacyjnej warstwy wierzchniej, w tym mechanizmy i produkty zużycia.

Prowadzenie obserwacji procesów tribologicznych podczas eksploatacji obiektu technicznego jest skomplikowane i ograniczone z uwagi na niedostępność strefy tarcia. Dlatego postęp w poprawianiu charakterystyk tribologicznych determinowany jest głównie przez rozwój metod badań laboratoryjnych, w tym intensywny rozwój metod pomiaru, umożliwiający m.in. uzyskiwanie postępu w charakteryzowaniu powierzchni warstwy wierzchniej.
Z punktu widzenia opisów właściwości tribologicznych warstwy wierzchniej należy brać pod uwagę zarówno charakter ukształtowania struktury geometrycznej jej powierzchni (stereometrię – kształt, falistość, chropowatość i wady powierzchni), jak również właściwości funkcjonalne, w tym odporność

na zużycie tribologiczne, wytrzymałość zmęczeniową, zdolność do właściwej interakcji ze środkiem smarowym. Dlatego celem moich badań naukowych przedstawionych w publikacjach, stanowiących podstawę wszczęcia postępowania habilitacyjnego było określenie:

- wpływu parametrów procesu technologicznego (obróbki końcowej) na charakterystykę powierzchni technologicznej warstwy wierzchniej,
- wpływu charakterystyki powierzchni technologicznej warstwy wierzchniej na charakterystyki tribologiczne (przebieg procesów tarcia i zużywania) w ramach eksperymentalnych badań tarciowo-zużyciowych,
- wpływu charakterystyki powierzchni technologicznej warstwy wierzchniej na charakterystykę powierzchni eksploatacyjnej warstwy wierzchniej.
- mechanizmów i produktów zużycia elementów trących w badanych systemach tribologicznych.

Osiągnięcie tak postawionego celu było możliwe dzięki połączeniu badań właściwości stereometrycznych warstwy wierzchniej z badaniami właściwości funkcjonalnych – tribologicznych warstwy wierzchniej, stąd tytuł osiągnięcia naukowego **Koincydencja stereometrycznych i tribologicznych badań warstwy wierzchniej.**

Z przeglądu literatury wynika, że niewiele jest prac dotyczących kompleksowego podejścia do badań warstwy wierzchniej, które łączyłoby różne metody badawcze, dające uzupełniające się informacje i umożliwiające otrzymanie satysfakcjonującego rozwiązania postawionego problemu badawczego. Konsekwencją tego jest brak kompleksowych badań i analiz mechanizmów i produktów zużycia w odniesieniu do cech materiałowych, cech stereometrycznych oraz warunków panujących w strefie styku.

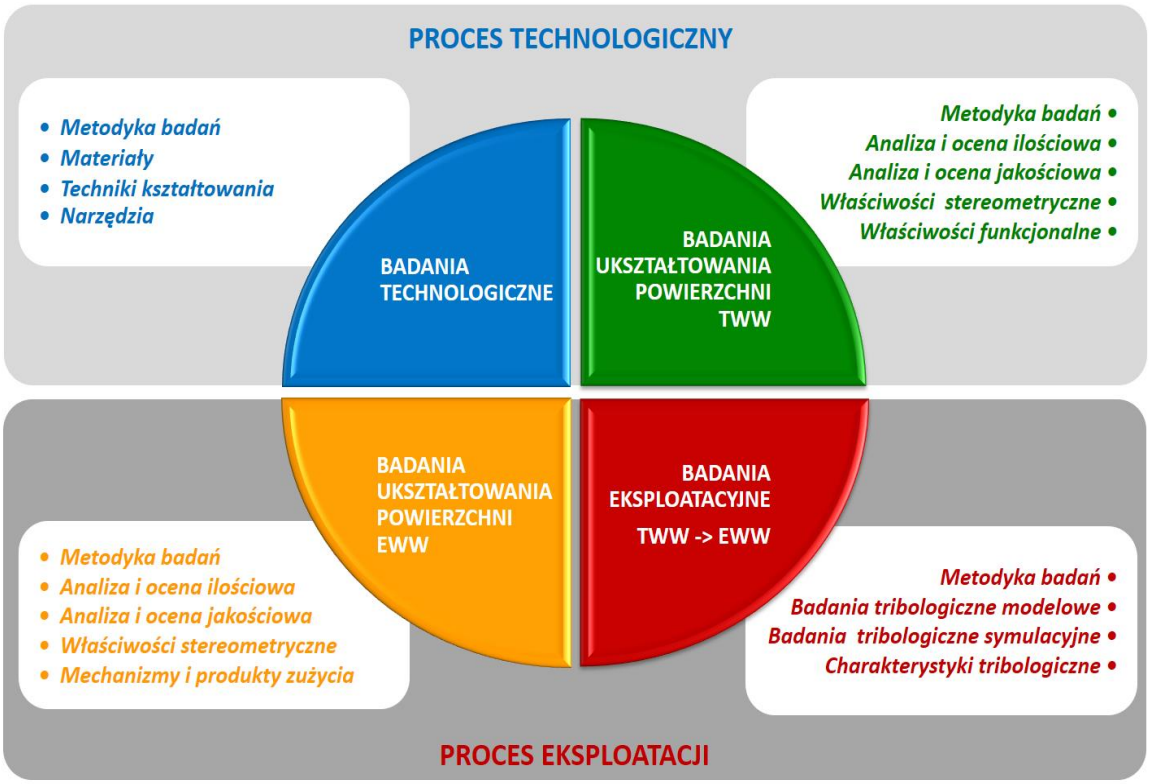
Zastosowanie wielowątkowego, kompleksowego podejścia w badaniach warstwy wierzchniej wymaga współpracy naukowców reprezentujących różne obszary nauki; istotne jest zatem tworzenie zespołów, które rozwiązywałyby interdyscyplinarne problemy naukowe.
Przyjęcie kompleksowego podejścia w rozwiązywaniu podjętych przeze mnie problemów naukowych wymagało nawiązania współpracy z różnymi ośrodkami naukowo-badawczymi, w ramach której realizowane były badania oraz analizowane ich wyniki – wykaz ośrodków zawiera **Załącznik nr4**, **pkt. III F**.

Podejście to uwidaczniają moje prace stanowiące przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe; obejmuje ono cztery główne obszary zagadnień, do których należą:

- proces wytwarzania, w tym technika kształtowania warstwy wierzchniej (operacje dokładnej i bardzo dokładnej obróbki końcowej) materiałów trudnoskrawalnych (ceramika mono- i polikrystaliczna, stop tytanu) – kształtowanie technologicznej warstwy wierzchniej TWW, zapewniającej wymagane dokumentacją techniczną właściwości funkcjonalne;
- charakterystyka powierzchni otrzymanych w wyniku procesu technologicznego i przyjętej techniki kształtowania – analiza ilościowa i jakościowa ukształtowania powierzchni (właściwości stereometryczne: kształt, wady, falistość, chropowatość oraz właściwości funkcjonalne) technologicznej warstwy wierzchniej (TWW);
- charakterystyki tribologiczne, wynikające z warunków procesu eksploatacji – przekształcanie technologicznej warstwy wierzchniej (TWW) w eksploatacyjną warstwę wierzchnią (EWW) w badanych skojarzeniach: ceramika–polimer, metal–polimer;
- charakterystyka powierzchni ukształtowanych w wyniku procesu eksploatacji i przyjętej metody eksperymentalnych badań tribologicznych – analiza ilościowa i jakościowa ukształtowania

powierzchni (właściwości stereometryczne oraz właściwości tribologiczne – mechanizmy i produkty zużycia) eksploatacyjnej warstwy wierzchniej (EWW).

Syntetyczne zestawienie obszarów badawczych, wzajemne powiązania oraz istotę podejmowanych przeze mnie prac naukowych i ich komplementarność przedstawiono na Rys.1. Dwa pierwsze obszary odnoszą się do procesu technologicznego i kształtowania technologicznej warstwy wierzchniej (właściwości stereometryczne TWW oraz właściwości funkcjonalne), a dwa kolejne – do procesu eksploatacji i kształtowania eksploatacyjnej warstwy wierzchniej (właściwości stereometryczne EWW oraz właściwości tribologiczne – charakterystyki tribologiczne oraz mechanizmy i produkty zużycia).



Rys. 1. Schematyczne przedstawienie badań współzależności procesu technologicznego oraz procesu eksploatacji systemu tribologicznego (zagadnienia dorobku naukowego)

Pierwszy obszar zagadnień **Badania technologiczne** dotyczy doboru materiałów i ich właściwości oraz procesu technologicznego elementów współpracujących tarciowo (elementów trących), a w szczególności techniki kształtowania powierzchni technologicznej warstwy wierzchniej (TWW), zapewniając odpowiednią strukturę materiałową i właściwości warstwy wierzchniej oraz strukturę geometryczną (stereometrię) jej powierzchni.
Celem badań prowadzonych w tym obszarze było określenie operacji i zabiegów procesu technologicznego obróbki końcowej, które zapewnią optymalne ukształtowanie powierzchni technologicznej warstwy wierzchniej elementów trących. Optymalne ukształtowanie to takie, którego charakterystyka powierzchni odda pożądane (założone w dokumentacji technicznej) właściwości funkcjonalne, zgodne z docelowym przeznaczeniem badanego elementu.

Uzyskane rezultaty prowadzonych przeze mnie badań w obszarze **Badania technologiczne** zostały przedstawione w publikacjach H1, H5, H7, H10:

- Niemczewska-Wójcik M.: *Dualny system charakteryzowania powierzchni technologicznej i eksploatacyjnej warstwy wierzchniej elementów trących.* Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB, Kraków 2018, ISBN 978-83-7789-528-3.
- Niemczewska-Wójcik M.: *Multi-sensor measurements of titanium alloy surface texture formed at subsequent operations of precision machining process*. Measurement (2017) Vol. 96, 8÷17.
- Niemczewska-Wójcik M.: *Coincidence of the technology and the surface topography of spherical elements occuring during machining process of high precision.* Tribologia: teoria i praktyka (2016) Vol. 6, 83÷94.
- Niemczewska-Wójcik M., Wójcik A.: *The machining process and multi-sensor measurements of the friction components of total hip joint prosthesis.* Measurement (2018) Vol. 116, 56÷67.

Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że pewne cechy powierzchni, niezależnie od etapu procesu obróbki nie ulegały zmianie, co może świadczyć o tzw. dziedziczności technologicznej. Dobór odpowiednich stanowisk i narzędzi do realizacji operacji i zabiegów obróbki końcowej dla danego materiału odgrywa znaczącą rolę w kształtowaniu charakterystyk powierzchni warstwy wierzchniej przedmiotu. Większość nieregularności powierzchni, powstałych w wyniku obróbki poprzedzającej, można zniwelować w kolejnej operacji obróbki końcowej procesu technologicznego.

Przeprowadzenie badań po każdym etapie procesu technologicznego obróbki końcowej umożliwiło śledzenie zmian charakterystyki powierzchni technologicznej warstwy wierzchniej badanych elementów, obejmujące zarówno charakter zmian stereometrii powierzchni oraz jej właściwości funkcjonalnych.

Ważnym elementem weryfikacji przyjętego procesu technologicznego oraz parametrów obróbki końcowej, było określenie charakterystyk powierzchni technologicznej warstwy wierzchniej (TWW) wytworzonych elementów. Stąd drugi obszar zagadnień **Badania ukształtowania powierzchni TWW**.
Celem badań prowadzonych w tym obszarze było znalezienie zależności między procesem technologicznym, w szczególności parametrami obróbki końcowej, a ukształtowaniem (stereometrią) i właściwościami funkcjonalnymi powierzchni badanych elementów.

Uzyskane rezultaty prowadzonych przeze mnie badań w obszarze **Badania ukształtowania powierzchni TWW** zostały przedstawione w publikacjach H1, H2, H6, H10:

- Niemczewska-Wójcik M.: *Dualny system charakteryzowania powierzchni technologicznej i eksploatacyjnej warstwy wierzchniej elementów trących.* Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB, Kraków 2018, ISBN 978-83-7789-528-3.
- Niemczewska-Wójcik M.: *The influence of the surface geometric structure on the functionality of implants*. WEAR (2011) Vol. 271/3-4, 596÷603.
- Niemczewska-Wójcik M., Piekoszewski W.: *The surface texture and its influence on the tribological characteristics of a friction pair: metal-polymer*. Archives of Civil and Mechanical Engineering (2017) Vol.17, Issue 2, 344÷353.
- Niemczewska-Wójcik M., Wójcik A.: *The machining process and multi-sensor measurements of the friction components of total hip joint prosthesis.* Measurement (2018) Vol. 116, 56÷67.

Podstawą charakteryzowania powierzchni warstwy wierzchniej są badania ukształtowania (stereometrii) realizowane poprzez wykonanie pomiarów wielkości charakteryzujących to ukształtowanie (wyniki pomiarów stanowią obrazy i wyróżniki powierzchni).

W oparciu o wyniki pomiarów wielkości charakteryzujących ukształtowanie (stereometrię) powierzchni możliwa była analiza i ocena jakościowa oraz ilościowa powierzchni elementów trących otrzymanych w procesie technologicznym. Na każdym etapie procesu technologicznego obróbki następowała modyfikacja charakterystyki powierzchni obrabianej, o czym świadczyły wyróżniki powierzchni – zmianie ulegały wartości poszczególnych parametrów oraz zmieniała się wizualnie struktura powierzchni. Jednak zmiany ukształtowania powierzchni przedstawione na ich obrazach nie zawsze odzwierciedlały zmiany wartości parametrów opisujących ilościowo powierzchnię obrobioną. Wyniki badań pokazały, że niezależnie od badanego elementu, istnieje konieczność uzupełniania analizy jakościowej analizą ilościową.

W badaniach ukształtowania powierzchni technologicznej warstwy wierzchniej wskazane jest wykorzystanie różnych metod pomiaru, a więc tzw. multisensoryki. Dzięki temu możliwe jest pozyskanie komplementarnych informacji na temat poprawności wykonania elementów w odniesieniu do założeń określonych w dokumentacji technicznej na etapie konstruowania oraz określenie właściwości funkcjonalnych powierzchni obrobionej po zakończonym procesie technologicznym.

Jakościową analizę i ocenę powierzchni technologicznej warstwy wierzchniej przeprowadzono na podstawie obrazów otrzymanych z wykorzystaniem mikroskopu optycznego OM, mikroskopu interferencyjnego WLIM, elektronowego mikroskopu skaningowego SEM oraz mikroskopu sił atomowych AFM. Natomiast ilościową analizę i ocenę powierzchni warstwy wierzchniej przeprowadzono na podstawie wyróżników powierzchni, będących wynikiem pomiarów otrzymanych z wykorzystaniem współrzędnościowej maszyny pomiarowej CMM, mikroskopu interferencyjnego WLIM oraz elektronowego mikroskopu skaningowego skorelowanego z mikroanalizatorem rentgenowskim SEM/EDS, opracowanych przy użyciu specjalistycznego oprogramowania komputerowego.

Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że rodzaj i właściwości materiałów różnie wpływają na efekty procesu technologicznego. Przyjęcie tych samych parametrów procesu obróbki końcowej dawało różne efekty dla różnych materiałów obrabianych, choć analiza ilościowa oraz jakościowa powierzchni technologicznej warstwy wierzchniej nie wykazywała odstępstw od założeń dokumentacji technicznej.

Weryfikacja otrzymanych w procesie technologicznym charakterystyk powierzchni technologicznej warstwy wierzchniej (TWW) następuje podczas procesu eksploatacji, w ramach którego obiekt techniczny realizuje zadania, do których został zaprojektowany i wytworzony, stąd trzeci obszar zagadnień **Badania eksploatacyjne TWW->EWW**.
Celem badań prowadzonych w tym obszarze było określenie zależności między właściwościami funkcjonalnymi powierzchni technologicznej warstwy wierzchniej a charakterystykami tribologicznymi (współczynnik tarcia i intensywność zużywania). Otrzymane wyniki badań tribologicznych prowadzone dla różnych systemów tribologicznych w postaci przebiegu zmian współczynnika tarcia oraz intensywności zużywania, należało odnieść do warunków badań, a więc do: metody badań (modelowe, symulacyjne), materiałów zastosowanych na elementy trące, geometrii elementów węzła tribologicznego, parametrów tarcia, charakterystyk powierzchni technologicznej warstwy wierzchniej elementów trących, otoczenia, itp.

Uzyskane rezultaty prowadzonych przeze mnie badań w obszarze **Badania eksploatacyjne TWW-> EWW** zostały przedstawione w publikacjach H1, H2, H3, H6, H8:

- Niemczewska-Wójcik M.: *Dualny system charakteryzowania powierzchni technologicznej i eksploatacyjnej warstwy wierzchniej elementów trących.* Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB, Kraków 2018, ISBN 978-83-7789-528-3.
- Niemczewska-Wójcik M.: *The influence of the surface geometric structure on the functionality of implants*. WEAR (2011) Vol. 271/3-4, 596÷603.
- Niemczewska-Wójcik M., Mańkowska-Snopczyńska A., Piekoszewski W.: *Badania tribologiczne materiałów do zastosowań w technice medycznej.* Tribologia: teoria i praktyka (2015) Vol. 4, 111÷122.
- Niemczewska-Wójcik M., Piekoszewski W.: *The surface texture and its influence on the tribological characteristics of a friction pair: metal-polymer*. Archives of Civil and Mechanical Engineering (2017) Vol.17, Issue 2, 344÷353.
- Niemczewska-Wójcik M., Piekoszewski W.: *The surface topography of a metallic femoral head and its influence on the wear mechanism of a polymeric acetabulum*. Archives of Civil and Mechanical Engineering (2017) Vol. 17, Issue 2, 307÷317.

Przedstawione w wymienionych pracach wyniki badań tribologicznych (modelowych i symulacyjnych), umożliwiły zweryfikowanie właściwości funkcjonalnych powierzchni elementów trących ukształtowanych w procesie technologicznym. Określono wpływ charakterystyk powierzchni technologicznej warstwy wierzchniej na charakterystyki tribologiczne (współczynnik tarcia i intensywność zużywania).

Przeprowadzona analiza wyników badań wykazała różnice w otrzymanych charakterystykach tribologicznych badanych skojarzeń w ramach badań modelowych oraz badań symulacyjnych. Pomimo podobnej charakterystyki ukształtowania powierzchni, zarówno w przypadku elementów o prostych kształtach w badaniach modelowych, jak też elementów o złożonych kształtach w badaniach symulacyjnych, charakterystyki tribologiczne nie wskazały jednoznacznie, którą charakterystykę powierzchni należy uznać za najlepsze rozwiązanie konstrukcyjne. Na charakterystyki tribologiczne miały wpływ nie tylko ukształtowanie (stereometria) powierzchni technologicznej warstwy wierzchniej współpracujących elementów badanego węzła tarcia, ale również inne czynniki, jak rodzaj węzła tarcia (płytka–trzpień, głowa–panewka), materiał i jego właściwości oraz warunki badań tarciowo – zużyciowych (kinematyka i dynamika ruchu, otoczenie).

Po określeniu zależności między charakterystyką ukształtowania powierzchni technologicznej warstwy wierzchniej (TWW) a charakterystykami tribologicznymi, dodatkowo należy określić charakterystykę ukształtowania powierzchni eksploatacyjnej warstwy wierzchniej (EWW) oraz zidentyfikować mechanizmy i produkty zużycia elementów składowych badanych systemów tribologicznych, co – w przypadku moich badań – stanowi obszar zagadnień **Badania ukształtowania powierzchni EWW**.
Celem badań prowadzonych w tym obszarze było wskazanie zależności między otrzymanymi charakterystykami tribologicznymi w ramach badań modelowych i symulacyjnych a charakterystyką ukształtowania powierzchni eksploatacyjnej warstwy wierzchniej oraz mechanizmami i generowanymi produktami zużycia.

Uzyskane rezultaty prowadzonych przeze mnie badań w obszarze **Badania ukształtowania powierzchni EWW** zostały przedstawione w publikacjach H1, H4, H6, H8, H9:

- Niemczewska-Wójcik M.: *Dualny system charakteryzowania powierzchni technologicznej i eksploatacyjnej warstwy wierzchniej elementów trących.* Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB, Kraków 2018, ISBN 978-83-7789-528-3.
- Niemczewska-Wójcik M., Piekoszewski W.: *Analiza procesów tribologicznych występujących w skojarzeniu panewka-główka endoprotezy stawu biodrowego.* Tribologia: teoria i praktyka (2015) Vol. 6, 81÷92.
- Niemczewska-Wójcik M., Piekoszewski W.: *The surface texture and its influence on the tribological characteristics of a friction pair: metal-polymer*. Archives of Civil and Mechanical Engineering (2017) Vol.17, Issue 2, 344÷353.
- Niemczewska-Wójcik M., Piekoszewski W.: *The surface topography of a metallic femoral head and its influence on the wear mechanism of a polymeric acetabulum*. Archives of Civil and Mechanical Engineering (2017) Vol. 17, Issue 2, 307÷317.
- Niemczewska-Wójcik M.: *Wear mechanisms and surface topography of artificial hip joint components at the subsequent stages of tribological tests*. Measurement (2017) Vol. 107, 89÷98.

Identyfikacja produktów zużycia badanych systemów tribologicznych, w ramach modelowych i symulacyjnych badań, była dokonywana na podstawie analizy jakościowej powierzchni elementów trących oraz jakościowej i ilościowej analizy powierzchni filtrów odprowadzających medium smarowe z przestrzeni tarcia. Produktem zużycia, niezależnie od metody badań oraz badanego skojarzenia (ceramika–polimer czy metal–polimer) był materiał o mniejszej wytrzymałości zmęczeniowej – polimer. Ilość produktów zużycia została określona na podstawie wyników badań otrzymanych z wykorzystaniem różnych metod pomiaru (multisensoryki), w tym OM, WLIM, SEM/EDS, AFM.

Wykorzystanie wymienionych metod pomiaru pozwoliło na zebranie komplementarnych informacji na temat powierzchni eksploatacyjnej warstwy wierzchniej (EWW) elementów trących, podobnie jak to miało miejsce w przypadku powierzchni technologicznej warstwy wierzchniej (TWW), na etapie **Badania ukształtowania powierzchni TWW**.

Analiza wyników badań ukształtowania powierzchni otrzymanych w procesie eksploatacji (podczas badań tribologicznych – modelowych i symulacyjnych) wykazała, że produkty zużycia badanych systemów tribologicznych zależały od mechanizmów zużycia warstwy wierzchniej: zużycia ściernego (w procesach mikroskrawania lub bruzdowania nierównościami lub produktami zużycia), zużycia zmęczeniowego, zużycia adhezyjnego.

Na podstawie analizy porównawczej charakterystyk powierzchni technologicznej i eksploatacyjnej warstwy wierzchniej wykazałam m.in., że we wstępnej fazie, podczas wzajemnego docierania się elementów węzła tarcia, niszczenie powierzchni elementu polimerowego następowało w wyniku oddziaływania mikronierówności powierzchni. Proces mikroskrawania występował w przypadku wzniesień o niewielkim promieniu zaokrąglenia (ostre wierzchołki), natomiast proces bruzdowania - w przypadku wzniesień o dużym promieniu zaokrąglenia (powierzchnia płaskowyżowa, której wzniesienia charakteryzowały łagodne zbocza i zaokrąglone wierzchołki). Przeniesiony na powierzchnie elementów ceramicznych i metalowych materiał polimerowy, tworzący mniej lub bardziej ciągłą warstwę (rozmazana na powierzchni warstwa materiału polimerowego lub rozległe jego skupiska), w dalszej współpracy elementów trących kontaktował się z tym samym rodzajem materiału. W wyniku silnego oddziaływania adhezyjnego, następowało sczepianie i odrywanie jego cząstek. Na analizowanych obrazach obserwowano charakterystyczne wyrwy oraz cząstki materiału polimerowego (pojedyncze, miejscowo zlokalizowane lub tworzące skupiska). Poza tym, długotrwałe oddziaływanie powierzchni elementów ceramicznych i metalowych na elementy polimerowe podczas modelowych

i symulacyjnych badań tribologicznych prowadziło do zmęczenia materiału elementu polimerowego, a co za tym idzie – generowania nieciągłości w postaci pęknięć.

Stwierdzono, że mechanizmy zużycia i generowane produkty zużycia elementów trących zależą nie tylko od czynników eksploatacyjnych (warunków współpracy), ale również od czynników technologicznych (w tym charakterystyk powierzchni warstwy wierzchniej). Przyjmując niezmienne warunki eksploatacji (osobno dla modelowych i symulacyjnych badań tribologicznych) oraz właściwości materiałowe (osobno dla każdego materiału), istotnego znaczenia nabiera badanie oraz analizowanie powierzchni ukształtowanej w procesie technologicznym (stereometria powierzchni TWW oraz właściwości funkcjonalne wytworzonej powierzchni) i wpływu tego ukształtowania na charakterystyki tribologiczne węzła tarcia (współczynnik tarcia, intensywność zużywania) oraz kształtowanie powierzchni w procesie eksploatacji (stereometria powierzchni EWW oraz mechanizmy i produkty zużycia).

Rozpatrywany powyżej obszar zagadnień nie jest obszarem zamykającym badania technologiczno-eksploatacyjne systemów tribologicznych, gdyż wyniki otrzymywane w ramach tego obszaru wpływają na podejście do zagadnień obszaru pierwszego, co stanowi (podkreślone na wstępie) kompleksowe podejście do rozwiązywania problemów kształtowania powierzchni technologicznej i eksploatacyjnej warstwy wierzchniej elementów trących sytemu tribologicznego i związanej z tym trwałości systemów tribologicznych oraz niezawodności zawierających je obiektów technicznych.

Analiza problemu trwałości systemu tribologicznego oraz związane z tym badania własne upoważniają do stwierdzenia, że charakteryzowanie powierzchni warstwy wierzchniej elementów trących powinno obejmować dwa, równoległe podejścia.
Pierwsze stanowią badania ukształtowania powierzchni warstwy wierzchniej polegające na pomiarach wielkości charakteryzujących ukształtowanie powierzchni technologicznej (TWW) i eksploatacyjnej (EWW) warstwy wierzchniej elementów trących. Drugie podejście stanowią badania tarciowo – zużyciowe (badania tribologiczne) warstwy wierzchniej, w ramach których wyznaczane są charakterystyki tribologiczne (współczynnik tarcia i intensywność zużywania). Połączenie obydwu podejść stanowi koncepcję kompleksowego podejścia do charakteryzowania powierzchni warstwy wierzchniej elementów trących, tworzącego **dualny system charakteryzowania powierzchni TWW oraz EWW elementów trących**, przedstawiony w monografii:

- Niemczewska-Wójcik M.: *Dualny system charakteryzowania powierzchni technologicznej i eksploatacyjnej warstwy wierzchniej elementów trących.* Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB, Kraków 2018, ISBN 978-83-7789-528-3.

Monografia ta ujmuje szczegółowe oraz udokumentowane wyniki badań własnych w obszarach przedstawionych na Rys.1 (recenzentami wydawniczymi byli dr hab. inż. Czesław Łukianowicz, prof. nadzw. Politechniki Koszalińskiej oraz prof. dr hab. inż. Wojciech Wieleba z Politechniki Wrocławskiej).

Wykorzystanie wyników

Wyniki dotychczas zrealizowanych przeze mnie prac naukowych przyczyniły się do:

- **opracowania prototypu urządzenia do precyzyjnego kształtowania elementów o zarysie sferycznym**. W Instytucie Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji prowadzone były badania technologiczne w zakresie konstruowania urządzeń oraz kształtowania struktury geometrycz-

nej powierzchni elementów o zarysie sferycznym wykonanych z materiałów trudnoskrawalnych, w tym innowacyjnego materiału – ceramiki monokrystalicznej (monokryształ szafiru α-Al_2O_3). Materiał uzyskał pozytywnie wyniki badań biomedycznych, dające możliwość zastosowania m.in. w technice medycznej na implanty ortopedyczne, po przeprowadzeniu kompleksowych badań technologiczno-eksploatacyjnych w ramach projektu badawczego zamawianego nr 004/ITE/07/2005 pt. *Rozwój technicznych systemów przeciwdziałania zagrożeniom technicznym i usuwania katastrof* – zadanie nr 004/07/2005/13/UW-2005 pt. *Opracowanie technologii i prototypu urządzenia do obróbki elementów endoprotez stawu biodrowego wykonanych z materiałów ceramicznych oraz materiałów monokrystalicznych*, realizowane w latach 2005÷2007. Mój udział polegał na prowadzeniu badań i analiz stanu warstwy wierzchniej z wykorzystaniem różnych metod pomiaru, w tym mikroskopu optycznego, skaningowego mikroskopu elektronowego, mikroskopu interferencyjnego, profilometru stykowego i mikroskopu sił atomowych. Na podstawie wyników modyfikowano warunki obróbki końcowej tak, aby wytworzone elementy spełniały wymagania odpowiednich norm.

- **opracowania narzędzi przeznaczonych do obróbki końcowej** (dokładnej i bardzo dokładnej) **elementów o zarysie sferycznym** w ramach projektu rozwojowego nr 03/0031/10/2010 pt. *Technologiczny system innowacyjnych metod obróbki materiałów o specjalnych właściwościach*, stanowiącego kontynuację prac nad opracowaniem stanowiska do przeprowadzenia obróbki sekwencyjnej elementów o zarysie sferycznym. Mój udział polegał na opracowaniu metodyki badań, przeprowadzeniu oraz analizie wyników badań stanu warstwy wierzchniej materiałów trudnoskrawalnych o specjalnych właściwościach otrzymanych w procesie precyzyjnej obróbki sekwencyjnej oraz po eksperymentalnych badaniach tribologicznych z wykorzystaniem: mikroskopu optycznego, skaningowego mikroskopu elektronowego, mikroskopu interferencyjnego oraz mikroskopu sił atomowych. Na podstawie wyników badań modyfikowane były narzędzia do obróbki końcowej (operacji szlifowania oraz zabiegów docierania) tak, aby wytworzone elementy spełniały stawiane im wymagania pod względem dokładności wymiarowo-kształtowej i jakości powierzchni. Wyniki prowadzonych badań stanowiły podstawę opracowania programu do symulacji oraz doboru warunków obróbki sekwencyjnej (wielooperacyjnej) m.in. komponentów implantów ortopedycznych.
- **opracowania stanowiska przeznaczonego do badań złożonych, sferycznych układów kinematycznych** w ramach projektu badawczego zamawianego nr PBZ-09, II konkurs - zadanie 1.1 pt. *Metoda i aparatura do badań złożonych, sferycznych układów kinematycznych*, którego wykonawcą był Instytut Technologii Eksploatacji – PIB w Radomiu. Celem głównym projektu było opracowanie, wytworzenie i weryfikacja tribologicznego stanowiska badawczego do symulacji złożonych sferycznych układów kinematycznych – odzwierciedlających pracę stawu biodrowego człowieka. Mój udział polegał na przeprowadzeniu badań technologicznych oraz weryfikowaniu wyników tych badań w ramach badań tribologicznych, co przyczyniło się do wstępnego opracowania stanowiska badawczego, a następnie do jego zmodyfikowania.
- **opracowania metodyki badań stereometrycznych oraz badań tribologicznych stanu warstwy wierzchniej** realizowanych w ramach projektu badawczego nr PBS3/A5/44/2015 pt. *Wysoko obciążone węzły tribologiczne do zastosowań biomedycznych*, którego celem było opracowanie oryginalnego skojarzenia materiałowego do zastosowań biomedycznych (na implanty ortopedyczne stawów człowieka). Mój udział polegał na przedstawieniu wyników prac, zrealizowanych w ramach projektu badawczego własnego pt. *Kompleksowe badania wpływu czynników technologicznych i warunków współpracy na mechanizm zużycia implantów* oraz przekazaniu

uwag dot. kompleksowego podejścia do badań stanu warstwy wierzchniej, w tym badań stereometrycznych i badań tribologicznych. Spostrzeżenia z badań własnych, w tym opracowany system charakteryzowania powierzchni technologicznej i eksploatacyjnej warstwy wierzchniej elementów trących, przyczyniły się do usprawnienia prowadzonych badań technologiczno-eksploatacyjnych złożonych układów kinematycznych.

4.4. Główne osiągnięcia naukowo-badawcze i kierunki dalszych prac

Główne obszary mojej dotychczasowej działalności naukowej dotyczyły zagadnień technologicznego kształtowania struktury geometrycznej powierzchni elementów, w szczególności wykonanych z trudnoskrawalnych materiałów, zapewniającego nadanie optymalnych właściwości funkcjonalnych powierzchniom obrobionym, a tym samym zapewnienie prawidłowego funkcjonowania systemów tribologicznych w zależności od zastosowanych materiałów oraz warunków współpracy. Badania własne wskazują, że zwiększenie trwałości systemu tribologicznego możliwe jest poprzez zapewnienie odpowiedniej stereometrii powierzchni elementom tworzącym parę trącą danego systemu tribologicznego.

Prowadzone przeze mnie badania obejmowały opracowanie metodologicznych podstaw doboru techniki kształtowania oraz parametrów obróbki końcowej, w ramach której kształtuje się elementy wykonane z materiałów o specjalnych właściwościach, wyjaśnienie wpływu parametrów obróbki na stereometrię powierzchni obrobionej i właściwości funkcjonalne, jak również wpływu stereometrii powierzchni obrobionej zarówno na właściwości (charakterystyki) tribologiczne różnych skojarzeń badanych jak i na stereometrie powierzchni otrzymanych w trakcie i po zakończonym procesie eksploatacji (w tym identyfikacja mechanizmów i produktów zużycia).

Zrealizowane badania, wyniki badań i ich analiza oraz wyciągnięte wnioski doprowadziły do opracowania dualnego systemu charakteryzowania powierzchni technologicznej i eksploatacyjnej warstwy wierzchniej elementów trących systemu tribologicznego, czyli metodyki badań i analiz właściwości stereometrycznych skorelowanych z badaniami i analizą właściwości tribologicznych warstwy wierzchniej elementów trących.

Za moje **najważniejsze osiągnięcia naukowe** uważam:

- opracowanie metodologicznych podstaw kształtowania struktury geometrycznej powierzchni (stereometrii) elementów wykonanych z materiałów trudnoskrawalnych (ceramika, w tym ceramika monokrystaliczna i ceramika polikrystaliczna, stop tytanu) poprzez dobór odpowiednich operacji oraz parametrów obróbki końcowej /publikacje H1, H5, H7, H10/,
- opracowanie metodyki stereometrycznych badań warstwy wierzchniej, zapewniającej komplementarność wyników oraz kompleksową charakterystykę powierzchni technologicznej warstwy wierzchniej (TWW) /publikacje H1, H5, H7, H10/,
- zidentyfikowanie zależności między parametrami obróbki końcowej a właściwościami funkcjonalnymi powierzchni obrobionej, tzn. technologicznej warstwy wierzchniej (TWW) /publikacje H1, H2, H5, H6, H8, H10/,
- opracowanie metodyki tribologicznych badań warstwy wierzchniej, zapewniającej weryfikację właściwości funkcjonalnych w drodze badań laboratoryjnych prowadzonych w zróżnicowanych warunkach – badania modelowe, badania symulacyjne oraz charakterystyki tribologiczne otrzymane w wyniku tych badań /publikacje H1, H3/,

- zidentyfikowanie zależności między właściwościami funkcjonalnymi technologicznej warstwy wierzchniej (TWW) a charakterystykami tribologicznymi w odniesieniu do przyjętych parametrów obróbki końcowej oraz geometrii (kształtu) komponentów pary trącej /publikacje H1, H2, H6, H8, H9/,
- opracowanie metodyki stereometrycznych badań warstwy wierzchniej, zapewniającej komplementarność wyników oraz kompleksową charakterystykę powierzchni eksploatacyjnej warstwy wierzchniej (EWW) /publikacje H1, H6, H8, H9/,
- zidentyfikowanie zależności między charakterystyką powierzchni technologicznej warstwy wierzchniej (TWW) oraz charakterystykami tribologicznymi a charakterystyką powierzchni eksploatacyjnej warstwy wierzchniej (EWW) wraz z określeniem mechanizmów zużycia elementów trących /publikacje H1, H2, H4, H6, H8, H9/.

Wkład wniesiony przeze mnie do dyscypliny Budowa i Eksploatacja Maszyn to wykazanie, że dobór metod i urządzeń badawczych powinien uwzględniać nie tylko właściwości materiałów badanych, ale również technologię ich obróbki mechanicznej, geometrię elementów trących oraz warunki współpracy systemu tribologicznego. Poza tym jest nim również wykazanie, że istotną kwestią jest prowadzenie wielowątkowego podejścia w badaniach systemów tribologicznych w celu określania najlepszych rozwiązań pod względem trwałości i niezawodności obiektów technicznych zawierających te systemy. Przedstawiona dualność w prowadzeniu badań systemów tribologicznych stanowić może podstawę poszukiwania najlepszych rozwiązań problemów badawczych związanych z tribologicznym aspektem trwałości i niezawodności obiektów technicznych.

Problematyka kształtowania oraz badania warstwy wierzchniej uważana jest za ważne zagadnienie w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn oraz tworzących dyscyplinę obszarach naukowych. Nie ogranicza się wyłącznie do zagadnień przedstawionych w ramach mojego dotychczasowego dorobku naukowego (charakterystyka powierzchni warstwy wierzchniej – ukształtowanie struktury geometrycznej powierzchni i właściwości funkcjonalne), ale również obejmuje prowadzenie badań stref warstwy wierzchniej, a więc ich struktury oraz właściwości fizykochemicznych.
Analiza zagadnień przedstawionych w ramach mojego dorobku naukowego upoważnia do stwierdzenia, iż zasadne jest na ich bazie **kontynuowanie badań** dotyczących tej problematyki, w szczególności:

- podjęcie prac związanych z doborem obróbki materiałów na elementy trące pod względem oczekiwanej charakterystyki stref warstwy wierzchniej,
- prowadzenie teoretycznych i eksperymentalnych badań dotyczących zjawisk zachodzących w strefie styku elementów trących, z udziałem oraz bez udziału środka smarowego,
- prowadzenie badań związanych z modelowaniem mechanizmu przenoszenia materiału na powierzchnię elementu współpracującego, w szczególności w przypadku skojarzeń metal–polimer oraz ceramika–polimer, w zależności od charakterystyki powierzchni warstwy wierzchniej oraz charakterystyki stref warstwy wierzchniej,
- zastosowanie w tych badaniach metod optymalizacji wielokryterialnej.

Realizacja wymienionych prac pozwoli na uzupełnianie wiedzy w obszarze badań systemów tribologicznych od strony metodologicznej, z uwzględnieniem zjawisk i procesów fizykochemicznych.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych

5.1. Osiągnięcia naukowo – badawcze przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych

Po zakończeniu studiów wyższych podjęłam dalszą edukację na studiach doktoranckich, prowadzonych na Wydziale Mechanicznym Politechniki Krakowskiej, na kierunku Budowa i Eksploatacja Maszyn. W pierwszych latach studiów doktoranckich podstawowym obszarem moich zainteresowań naukowych była teoria chaosu i możliwości jej zastosowania do opisu procesów technologicznych. Wyniki badań realizowanych w latach 2001÷2003 zostały przedstawione w publikacjach naukowych:

- Niemczewska M.: *Technologie informacyjne jako narzędzie wspomagające restrukturyzację przedsiębiorstwa*, Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie T. II – zbiór prac pod red. R. Knosali, WNT, Warszawa, 2003.
- Gawlik J., Niemczewska M.: *Analiza możliwości zastosowania teorii chaosu w ocenie chropowatości powierzchni*, Wydawnictwo PWSZ, Nowy Sącz, 2003.
- Gawlik J., Niemczewska M.: *Koncepcja wykorzystania teorii katastrof do analizy tworzenia powierzchni przy frezowaniu z wysokimi prędkościami skrawania (HSC),* IV Wrocławskie Sympozjum – Automatyzacja Produkcji. Nauka – Wiedza – Innowacje, Wrocław, 2003.

W 2003 roku Politechnika Krakowska podpisała porozumienie o współpracy z Instytutem Supertwardych Materiałów – Ukraińskiej Akademii Nauk z siedzibą w Kijowie. Partnera ze strony ukraińskiej reprezentował prof. Oleg Rozenberg. W wyniku tej współpracy, w lutym 2004 roku rozpoczęłam realizację pracy doktorskiej pt. *Kształtowanie powierzchni elementów endoprotez wykonanych z materiałów ceramicznych*. Promotorem pracy doktorskiej był Pan prof. dr hab. inż. Józef Gawlik.
W ramach pracy doktorskiej prowadziłam badania technologiczne, obejmujące kształtowanie elementów pary trącej wykonanych z trudnoskrawalnych materiałów (ceramiki korundowej i ceramiki cyrkonowej) oraz weryfikację procesu obróbki w modelowych badaniach tribologicznych (wpływ ukształtowania struktury geometrycznej powierzchni obrobionej na charakterystyki tribologiczne i mechanizm zużywania elementu, wykonanego z polimeru).

W 2005 roku w ramach konkursu ogłoszonego przez Komitet Badań Naukowych KBN otrzymałam dofinansowanie (projekt promotorski) na realizację badań w ramach tematu zgodnego z tematem pracy doktorskiej *Kształtowanie powierzchni elementów endoprotez wykonanych z materiałów ceramicznych*.

W latach 2005÷2006 realizując plan badań odbyłam 3 staże naukowo-badawcze i 1 staż przemysłowy:

- w Instytucie Supertwardych Materiałów – Ukraińskiej Akademii Nauk w Kijowie; 1 miesiąc (realizacja zadań związanych z procesem obróbki materiałów i kształtowania powierzchni elementów ceramicznych),
- w Instytucie Technologii Eksploatacji – Państwowym Instytucie Badawczym w Radomiu; 6 miesięcy (realizacja modelowych badań tribologicznych, badań stanu warstwy wierzchniej z wykorzystaniem skaningowego mikroskopu elektronowego SEM, mikroskopu sił atomowych AFM oraz mikroskopu optycznego OM),
- w Katedrze Technik Wytwarzania i Automatyzacji – Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej; 1 miesiąc (realizacja badań stereometrii powierzchni z wykorzysta-

niem profilometru stykowego oraz analiza wyników pomiarów za pomocą oprogramowania komputerowego MountainMaps),
- w firmie Gwimet – Barosz Sp. z o.o. Wodzisław Śląski (staż przemysłowy); 6 miesięcy (udział w pracach nad rozwiązaniem konstrukcyjnym oprzyrządowania technologicznego do obróbki materiałów trudnoskrawalnych).

Wyniki zrealizowanych w tym czasie prac zostały przedstawione w formie publikacji oraz referatów wygłoszonych na konferencjach krajowych i międzynarodowych:
- Gawlik J., Niemczewska M., Rozenberg O. i in.: *Naucnyje podchody k razrobotke endoprotezov sustavov iz sovremennych keramiceskich materialov*, Materiały Konferencyjne „microCAD`2004", Charkov 2004.
- Gawlik J., Niemczewska M., Rozenberg O., Sochan S., Voznyj V.: *Technologiczne aspekty wytwarzania endoprotez z materiałów ceramicznych*. Referat wygłoszony na II Międzynarodowej Konferencja Naukowo – Techniczna, Poznań, 2004.
- Niemczewska M.: *Chropowatość powierzchni docieranych materiałów ceramicznych*, Czasopismo Naukowe ChUN „Wisnyk", Chmielnickij, 2005.
- Niemczewska M.: *Analiza jakości ceramicznych powierzchni sferycznych*, Materiały Krajowej Konferencje „Mechanical Engineering Desing & Manufacturing" Wydziału Mechanicznego Politechniki Łódzkiej, Łódź, 2005.
- Niemczewska M.: *Wykończeniowa obróbka materiałów ceramicznych pastami diamentowymi*, Czasopismo Naukowe ChUN „Wisnyk", Chmielnickij, 2006.

Podsumowaniem prowadzonych prac naukowo-badawczych była praca doktorska, obroniona z wyróżnieniem 13 grudnia 2006 roku. Stopień doktora nauk technicznych nadany mi został na 1017 posiedzeniu Rady Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej w dniu 20 grudnia 2006 roku.

5.2. Osiągnięcia naukowo – badawcze po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych, nadanego uchwałą Rady Wydziału Mechanicznego z dnia 20.12.2006, obszarem moich zainteresowań naukowych były zagadnienia obejmujące:
- kompleksowe badania właściwości (fizycznych i chemicznych) materiałów przeznaczonych na elementy składowe systemów tribologicznych z analizą wpływu tych właściwości na proces technologiczny, w tym obróbkę końcową oraz charakterystyki tribologiczne i mechanizmy zużycia elementów trących systemu tribologicznego,
- kompleksowe badania tarciowo-zużyciowe (tribologiczne), podczas których wyniki otrzymane w modelowych badań tribologicznych były weryfikowane w ramach symulacyjnych badań tribologicznych,
- badania i analiza składu chemicznego ośrodka smarowego, celem określenia rodzaju oraz ilości produktów zużycia w badanych skojarzeniach węzła tarcia,
- kompleksowe badania stanu technologicznej i eksploatacyjnej warstwy wierzchniej elementów trących.

Stanowiły i nadal stanowią one tematykę podejmowanych prac i realizowanych projektów naukowo-badawczych.

Wyniki prowadzonych prac zostały opublikowane w czasopismach o zasięgu krajowym i międzynarodowym oraz przedstawione w niepublikowanych opracowaniach, jak również na krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych – **Załącznik nr4**, **pkt. I B**, **pkt. II A**, **II E, II F, II L**.

Jestem autorką lub współautorką łącznie **40** opracowań naukowych, opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych, z czego:

- **11** artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach z bazy JCR (lista A wykazu MNiSW),
- **18** artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach o zasięgu krajowym (lista B wykazu MNiSW),
- **4** rozdziały monografii, w tym **3** rozdziały wydane zagranicą,
- **1** praca opublikowana jako monografia,
- **6** dokumentacji prac badawczych.

Osiągnięcia naukowo-badawcze, przedstawione w liczbach, obejmują: sumaryczny *Impact Factor* liczbę cytowań oraz indeks Hirscha. Wykaz (potwierdzenie z baz danych) zawiera **Załącznik nr7**.
Sumaryczny *Impact Factor* (*IF*) wszystkich publikacji wg listy *JCR*, zgodnie z rokiem opublikowania, wynosi **20,45.**
Liczba cytowań (dane z dnia 07.09.2018) wg bazy *Web of Science* wynosi **49** (w tym bez autocytowań **35**), wg bazy *Scopus* wynosi **65** (w tym bez autocytowań **51**), wg bazy *Google Scholar* wynosi **131**.
Indeks Hirscha (dane z dnia 07.09.2018) wg bazy *Web of Science* wynosi **5**, wg bazy *Scopus* wynosi **5**, wg bazy *Google Scholar* wynosi **6**.

W ramach konkursu *Iuventus Plus* (II edycja) ogłoszonego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w 2011 roku, kierowany przeze mnie projekt pt. *Kompleksowe badania wpływu czynników technologicznych i warunków współpracy na mechanizm zużycia implantów* otrzymał dofinansowanie w wysokości 288 tysięcy złotych. Szeroki zakres badań objętych projektem, realizowany był w latach 2011÷2015.
Wynikiem tego projektu jest monografia, będąca jednym z elementów postepowania habilitacyjnego, jak również opublikowane artykuły naukowe – **Załącznik nr4, pkt. I B**: poz. 1, 3÷10, **pkt. II E**: poz. 14÷17.
Poza pełnieniem roli kierownika projektu, byłam również głównym wykonawcą zaplanowanych zadań. Udział własny w projekcie oceniam na poziomie 70%.

Poza tym, w latach 2007÷2013 brałam jeszcze udział w **4** innych projektach naukowo-badawczych; w **1** jako kierownik i wykonawca oraz w **3** jako wykonawca– **Załącznik nr4, pkt. II J**: poz. 1, 3÷5.

Za dotychczasową działalność naukową otrzymałam łącznie **4** nagrody, w tym **3** indywidualne – **Załącznik nr4**, **pkt. II K**.

Wyniki mojej pracy naukowo-badawczej prezentowałam w formie referatu plenarnego (otrzymałam zaproszenie do wygłoszenia łącznie **3** referatów plenarnych), referatu (**18** wygłoszonych referatów) oraz plakatu (**8** plakatów) – **Załącznik nr4**, **pkt. II L**.

6. Omówienie dorobku i osiągnięć popularyzatorskich, dydaktycznych, organizacyjnych

Prowadzona działalność naukowo-badawcza uzupełniana jest działalnością dydaktyczną oraz organizacyjną, podejmowana współpracą naukową oraz popularyzowaniem nauki.

Aktywnie uczestniczę w **1** programie europejskim (Horyzont 2020 – GEECCO), **2** innych programach międzynarodowych (Erasmus i Polsko-Meksykańskim) oraz **1** krajowym (Program Strategiczny) – **Załącznik nr4**, **pkt. III A**.

Równie aktywnie uczestniczyłam w **20** konferencjach naukowych, w tym **12** międzynarodowych oraz **8** krajowych – **Załącznik nr4, pkt III B**.

Poza tym organizowałam lub współorganizowałam konferencje naukowe, w tym **10** lokalnych (Uczelniana Sesja Studenckich Kół Naukowych), **1** krajową – ogólnopolską oraz **1** międzynarodową; prowadziłam **4** sesje tematyczne, w tym **2** na konferencjach krajowych i **2** na konferencjach międzynarodowych – **Załącznik nr4, pkt. III C**.

Kierowałam projektem pt. *Kompleksowe badania wpływu czynników technologicznych i warunków współpracy na mechanizm zużycia implantów*, który ze względu na szeroki obszar naukowy i zakres badań, realizowany był (na podstawie zawartych porozumień i umów) we współpracy z naukowcami innych ośrodków, zarówno krajowych (Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy w Radomiu, Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej Polskiej Akademii Nauk w Krakowie) jak też zagranicznych (Instytut Supertwardych Materiałów – Ukraińskiej Akademii Nauk w Kijowie). Poza tym konsultacje naukowe prowadziłam z naukowcami z ośrodków zagranicznych (Instytutu Supertwardych Materiałów – Ukraińskiej Akademii Nauk w Kijowie oraz École Centrale de Lyon we Francji) – **Załącznik nr4, pkt. III F**.

Pełniąc funkcję przewodniczącego Komitetu Organizacyjnego XXXVI Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej pod nazwą *Jesienna Szkoła Tribologiczna*, byłam członkiem komitetu redakcyjnego, który nadzorował proces recenzji zgłoszonych prac naukowych – **Załącznik nr4, pkt. III G**.

Jestem członkiem **3** towarzystw naukowych: Polskiego Towarzystwa Tribologicznego, Polskiego Naukowo-Technicznego Towarzystwa Eksploatacyjnego oraz Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją – **Załącznik nr4, pkt. III H**.

Moje osiągnięcia dydaktyczne i popularyzujące naukę obejmują opracowanie **1** skryptu dla studentów oraz prowadzenie na Wydziale Mechanicznym Politechniki Krakowskiej kursów zajęć dydaktycznych na studiach I, II i III stopnia oraz dla uczestników programu Erasmus – **Załącznik nr4, pkt. III I**.

Poza tym sprawowałam opiekę naukową nad przeszło **80** studentami, pełniąc funkcję promotora ponad **40** prac inżynierskich oraz ponad **40** prac magisterskich – **Załącznik nr4, pkt. III J**.

Sprawuję również opiekę naukową nad doktorantami, zarówno w charakterze promotora pomocniczego (**3** doktorantów) oraz opiekuna naukowego (**1** doktorant) – **Załącznik nr4, pkt. III K.**

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych odbyłam **2** staże naukowe, w tym **1** krajowy oraz **1** zagraniczny; podjęłam aktywną współpracę naukową z jednostką naukowo-badawczą – **Załącznik nr4, pkt. III L**.

Wykonuję opracowania opinii na zamówienie instytucji krajowych i zagranicznych – **Załącznik nr4, pkt. III M**.

Poza tym wykonuję recenzje dla czasopism naukowych, w tym **12** międzynarodowych i **2** krajowych; łącznie wykonałam **38** recenzji publikacji naukowych – **Załącznik nr4, pkt. III P**.

Działalność organizacyjna opiera się na pełnieniu funkcji oraz członkostwie (z wyboru) w Radzie Wydziału oraz Senacie Uczelni. Poza tym jestem członkiem Związku Uczelni Krakowskich InnoTechKrak, członkiem komisji wydziałowych i senackich oraz pozauczelnianych. Wyszczególnienie elementów działalności organizacyjnej zawiera **Załącznik nr4, pkt. III Q**: poz. 1.

Ponadto podnoszę swoje kwalifikacje zawodowe poprzez udział w licznych szkoleniach i warsztatach, co pomaga mi w realizowaniu prac naukowo-badawczych, jak również w realizacji praktycznych zajęć dydaktycznych ze studentami – **Załącznik nr4, pkt. III Q**: poz. 2÷3.

7. Podsumowanie – sumaryczne zestawienie kryteriów osiągnięć

Podsumowanie stanowi sumaryczne zestawienie kryteriów osiągnięć, wg Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 01.09.2011, w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, przed uzyskaniem i po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych.

lp.	Kryterium	Liczba	
		przed uzyskaniem stopnia doktora	*po uzyskaniu stopnia doktora*
1.	Publikacje naukowe w czasopismach z bazy *Journal Citation Reports* (*JCR*)		**11**
2.	Zrealizowane oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne		**3**
3.	Udzielone patenty: a) międzynarodowe b) krajowe		
4.	Wynalazki oraz wzory użytkowe i przemysłowe, które zostały wystawione na międzynarodowych lub krajowych wystawach lub targach		
5.	Monografie, publikacje naukowe w czasopismach innych niż znajdujące się w bazie *JCR*	**8**	**19**
6.	Opracowania zbiorowe, katalogi zbiorów, dokumentacja prac badawczych, ekspertyz		**6**
7.	Sumaryczny *Impact Factor* (*IF*) według listy *JCR*, zgodnie z rokiem opublikowania		**20,45**
8.	Liczba cytowań publikacji według bazy *Web of Science* (*WoS*): z autocytowaniami / bez autocytowań		**49/35**
9.	Indeks Hirscha według bazy *Web of Science* (*WoS*)		**5**
10.A	Kierowanie projektami badawczymi: a) międzynarodowymi b) krajowymi		 0 **2**
10.B	Udział w projektach badawczych: a) międzynarodowych b) krajowych	 0 **2**	 0 **5**
11.	Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową		**4**
12.	Wygłoszenie referatów na tematycznych konferencjach a) międzynarodowych b) krajowych	 **4** **1**	 **16** **13**
13.	Uczestnictwo w programach europejskich oraz innych programach: a) międzynarodowych b) krajowych		 **3** **1**
14.	Aktywny udział w konferencjach naukowych: a) międzynarodowych b) krajowych		 **12** **8**
15.	Udział w komitetach organizacyjnych konferencji naukowych: a) międzynarodowych b) krajowych		 **3** **12**

16.	Otrzymane nagrody i wyróżnienia inne niż wymienione wyżej	**2**	**1**
17.	Udział w konsorcjach i sieciach badawczych		
18.	Kierowanie projektami realizowanymi we współpracy z: a) naukowcami z innych ośrodków polskich, b) naukowcami z ośrodków zagranicznych, c) przedsiębiorcami, innymi niż wymienione wyżej		 **1** **1** 0
19.	Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism		**1**
20.A	Członkostwo w międzynarodowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych a) ogółem b) w tym z wyboru		
20.B	Członkostwo w krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych a) ogółem b) w tym z wyboru		 **3** **2**
21.	Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki		**3**
22.	Opieka naukowa nad studentami		**80**
23.	Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze: a) opiekuna naukowego b) promotora pomocniczego		 **1** **3**
24.	Staże w ośrodkach naukowych lub akademickich a) zagranicznych b) krajowych	 **1** **2**	 **1** **2**
25.	Wykonane ekspertyzy lub inne opracowania na zamówienie		**5**
26.	Udział w zespołach eksperckich i konkursowych		**1**
27.	Recenzowanie projektów: a) międzynarodowych b) krajowych		
28.	Recenzowanie publikacji w czasopismach: a) międzynarodowych b) krajowych		 **28** **10**
29.	Inne osiągnięcia		**5**

Szczegółowy wykaz osiągnięć naukowo – badawczych, popularyzatorskich, dydaktycznych i organizacyjnych opracowany na podstawie kryteriów zdefiniowanych w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 01.09.2011, art. 3, pkt 4 w obszarze nauk technicznych, art. 4 określający kryteria oceny w zakresie osiągnięć naukowo-badawczych dla wszystkich obszarów wiedzy oraz art. 5 w zakresie dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej we wszystkich obszarach wiedzy (Dz. U. nr 19, poz. 1165) znajduje się w **Załączniku nr4** do wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego.

Magdalena Niemczewska-Wójcik