

**Załącznik nr 3A**  
**Autoreferat**

**dr inż. Rafał Świercz**

Warszawa, 26.04.2019

## Spis treści

1. Imię i Nazwisko .....	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe .....	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych .....	3
4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r.....	3
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego .....	4
4.1.1. Zbiór publikacji stanowiący osiągnięcie naukowe.....	4
4.2. Omówienie celu naukowego i osiągniętych wyników .....	6
4.2.1. Wprowadzenie .....	6
4.2.2. Cel naukowy prowadzonych badań.....	8
4.2.3. Omówienie osiągniętych wyników .....	9
4.2.4. Podsumowanie wkładu w rozwój dyscypliny .....	15
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych .....	16
5.1. Osiągnięcia naukowo badawcze niewchodzące w skład osiągnięcia przedstawionego w punkcie 4.....	16
5.2. Udział w międzynarodowych lub krajowych projektach badawczych oraz współpraca z jednostkami przemysłowymi .....	23
5.3. Prezentacja wykładów i komunikatów na międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych .....	24
5.4 Informacja o współpracy z instytucjami organizacjami i towarzystwami naukowymi w kraju i za granicą oraz jednostkami przemysłowymi .....	26
5.5. Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową .....	28
5.6. Recenzowanie publikacji w czasopiśmie międzynarodowych i krajowych .....	28
5.7. Patenty, zgłoszenia patentowe .....	28
6. Charakterystyka działalności dydaktycznej i organizacyjnej .....	29
6.1. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych.....	29
6.2. Działalność organizacyjna i popularyzacja nauki .....	30
7. Kursy, szkolenia, staże .....	32
8. Syntetyczne zestawienie wskaźników dorobku naukowego .....	33

## 1. Imię i Nazwisko

Rafał Świercz

## 2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe

1. Stopień doktora nauk technicznych w zakresie Budowy i Eksploatacji Maszyn nadany uchwałą Rady Wydziału Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej w roku 2013. Tytuł rozprawy doktorskiej: *Wpływ charakteru impulsów natężenia prądu i napięcia elektrycznego na strukturę warstwy wierzchniej po obróbce EDM.*  
**Rozprawa wyróżniona** przez Radę Wydziału Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej.  
Promotor: dr hab. inż. Lucjan Dąbrowski  
Recenzenci: prof. dr hab. inż. Bogdan Nowicki, prof. dr hab. inż. Adam Ruszaj
2. Tytuł magistra inżyniera uzyskany na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn, specjalności Komputerowe projektowanie maszyn i procesów technologicznych na Wydziale Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej w roku 2009.  
Tytuł pracy dyplomowej: *Zaprojektować przedmiot i proces technologiczny na tokarskie centrum Haas sterowane numerycznie w dwóch osiach.*  
Promotor pracy dyplomowej: dr hab. inż. Lucjan Dąbrowski.

## 3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

1. 2016 – obecnie, **pełniący obowiązki Kierownika Zakładu Obróbek Wykańczających i Erozyjnych**, Instytut Techniki Wytwarzania, Wydział Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej.
  2. 2014 - obecnie, adiunkt w Zakładzie Obróbek Wykańczających i Erozyjnych, Instytut Techniki Wytwarzania, Wydział Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej.
  3. 2009 - 2013, asystent w Zakładzie Obróbek Wykańczających i Erozyjnych Instytutu Techniki Wytwarzania Wydziału Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej.
4. **Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2017 r. poz. 1789 ze zm.)**

Prowadzone przeze mnie prace naukowo badawcze ukierunkowane są na poznanie wpływu zjawisk fizycznych występujących w obróbce elektroerozyjnej na skutki jakościowe obróbki. Ze względu na złożoność procesu usuwania materiału zachodzącego w wyniku oddziaływania wyładowań elektrycznych, prowadzone badania mają charakter interdyscyplinarny i obejmują takie obszary nauki jak: fizyka, elektroerozja, modelowanie i symulacje komputerowe, technologia wytwarzania, budowa i eksploatacja maszyn. Głównym celem badań było

opracowanie modeli matematycznych procesu obróbki elektroerozyjnej materiałów trudnoobrabialnych stosowanych w różnych gałęziach przemysłu. Istotną częścią pracy są badania teoretyczno doświadczalne procesu obróbki elektroerozyjnej z płatkami zredukowanego tlenu grafenu w dielektryku.

Moim głównym osiągnięciem naukowym, uzyskanym po otrzymaniu stopnia doktora nauk technicznych, zgodnie z 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2017 r. poz. 1789 ze zm.) jest zbiór piętnastu powiązanych tematycznie publikacji, które wspólnie można zatytułować jako: *Modelowanie i optymalizacja obróbki elektroerozyjnej materiałów trudnoobrabialnych*.

Wskazany zbiór publikacji stanowiący podstawę niniejszego wniosku został tak dobrany, aby odzwierciedlić złożoność i interdyscyplinarność prowadzonych badań naukowych, które obejmowały w swoim zakresie badania teoretyczno doświadczalne procesu erozji materiałów trudnoobrabialnych, modelowanie procesu, jego optymalizację i poprawę właściwości warstwy wierzchniej obrobionych elektroerozyjnie przedmiotów w wyniku multiplikacji i dyspersji wyładowań na płatkach zredukowanego tlenu grafenu. Takie podejście umożliwia prezentację poszczególnych etapów prowadzonych badań począwszy od analizy wskaźników technologicznych obróbki elektroerozyjnej, poprzez opracowanie modeli matematycznych i optymalizację procesu.

#### 4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

##### Modelowanie i optymalizacja obróbki elektroerozyjnej materiałów trudnoobrabialnych

#### 4.1.1. Zbiór publikacji stanowiący osiągnięcie naukowe

- A1. Świercz R., 2019: *Modelowanie i optymalizacja obróbki elektroerozyjnej materiałów trudnoobrabialnych*, **Monografia**, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, ISBN 978-83-7814-921-7, punktacja MNiSW: 25, udział procentowy: 100%.
- A2. Świercz R., Oniszczyk-Świercz D., 2019: *The Effects of Reduced Graphene Oxide Flakes in the Dielectric on Electrical Discharge Machining*, *Nanomaterials*, 9, 335, DOI:10.3390/nano9030335I, ISSN: 2079-4991, **IF 3,504**, punktacja MNiSW: 35, udział procentowy: 80%.
- A3. Świercz R., Oniszczyk-Świercz D., 2019: *Investigation of the influence of reduced graphene oxide flakes in the dielectric on surface characteristics and material removal rate in EDM*, *Materials*, ISSN: 1996-1944, **IF 2,467**, punktacja MNiSW: 35, udział procentowy: 80%.
- A4. Świercz R., Oniszczyk-Świercz D., Chmielewski T., 2019: *Multi-Response Optimization of Electrical Discharge Machining Using the Desirability Function*, *Micromachines*, 10, 72, DOI: 10.3390/mi10010072, ISSN: 2072-666X, **IF 2,222**, punktacja MNiSW: 30, udział procentowy: 70%.

- A5. Świercz R., Oniszczyk-Świercz D., 2017: *Experimental Investigation of Surface Layer Properties of High Thermal Conductivity Tool Steel after Electrical Discharge Machining*, Metals, 7, 550, DOI: 10.3390/met7120550, ISSN: 2075-4701, **IF 1,704**, punktacja MNiSW: 30, udział procentowy: 80 %.
- A6. Świercz R., Oniszczyk-Świercz D., Dąbrowski L., 2018: *Electrical discharge machining of difficult to cut materials*, Archive of Mechanical Engineering, Vol. 65 (4), pp. 461-476, ISSN:0004-0738, DOI: 10.24425/ame.2018.125437, punktacja MNiSW 15, udział procentowy: 70%.
- A7. Świercz R., Oniszczyk-Świercz D., Dąbrowski L., Zawora J., 2018: *Optimization of machining parameters of electrical discharge machining tool steel 1.2713*, AIP Conference Proceedings, Vol. 2017, DOI: 10.1063/1.5056295, ISSN: 0094243X, udział procentowy: 80%.
- A8. Gulbinowicz Z., Świercz R., Oniszczyk-Świercz D., 2018: *Influence of electrical parameters in electro discharge machining of tungsten heavy alloys on surface texture properties*, AIP Conference Proceedings, Vol. 2017, DOI: 10.1063/1.5056270, ISSN: 0094243X, udział procentowy: 60%.
- A9. Świercz R., Oniszczyk-Świercz D., 2017: *Influence of electrical discharge pulse energy on the surface integrity of tool steel 1.2713*, METAL 2017 - 26th International Conference on Metallurgy and Materials, Conference Proceedings, pp. 1450-1455, ISBN: 8087294793, punktacja MNiSW:15, udział procentowy: 70%.
- A10. Świercz R., 2017: *Electrical discharge machining with graphene flakes in dielectric / Obróbka elektroerozyjna z płatkami grafenowymi w dielektryku*, Mechanik (3/2017), Angielski/Polski pp. 186-187, DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2017.3.38>, punktacja MNiSW 11, udział procentowy: 100 %.
- A11. Świercz R., Oniszczyk-Świercz D., 2016: *Wpływ właściwości dielektryka na chropowatość powierzchni po obróbce elektroerozyjnej*, Mechanik (12/2016), pp. 1780-1782, DOI: 10.17814/mechanik.2016.12.565, punktacja MNiSW 11, udział procentowy: 70%.
- A12. Świercz R., 2015: *Grafen - kierunki rozwoju, zastosowanie*, Mechanik (12/2015), pp. 67-70, DOI: 10.17814/mechanik.2015.12.541, punktacja MNiSW 11, udział procentowy: 100%.
- A13. Świercz Rafał, Oniszczyk Dorota, Dąbrowski Lucjan, 2015: *Struktura metalograficzna po obróbce EDM stali HTCS 15*, XII Międzynarodowa Konferencja – Electromachining 2015, Mechanik (4/2015), pp. 75-79, punktacja MNiSW 11, udział procentowy: 70%.
- A14. Świercz Rafał, Oniszczyk Dorota, Marczak Michał, 2015: *Topografia powierzchni po obróbce EDM stali HTCS 150*, XII Międzynarodowa Konferencja – Electromachining 2015, Mechanik (4/2015), pp. 80-85, punktacja MNiSW 11, udział procentowy: 70%.

- A15. Świercz Rafał, Oniszczuk Dorota, 2015: *Wpływ parametrów obróbki elektroerozyjnej na właściwości użytkowe stali o wysokiej przewodności*, *Mechanik*, 1/2015, pp. 29-34, punktacja MNiSW 11, udział procentowy: 70%.

Oświadczenia współautorów określające indywidualny wkład każdego z nich w powstanie publikacji zamieszczono w załączniku nr 6.

## 4.2. Omówienie celu naukowego i osiągniętych wyników

### 4.2.1. Wprowadzenie

Postęp technologiczny zdeterminowany jest w wielu aspektach przez zastosowanie nowych trudnoobrabialnych materiałów w konstrukcji maszyn i urządzeń. Kluczowym warunkiem wdrożenia nowych materiałów jest opracowanie odpowiednich metod ich obróbki. Jedną z nowoczesnych technik wytwarzania umożliwiających kształtowanie przewodzących materiałów bez względu na ich twardość jak i skład chemiczny jest obróbka elektroerozyjna. Niekonwencjonalny sposób usuwania materiału, wykorzystujący zjawisko wyładowań elektrycznych zachodzących pomiędzy dwiema elektrodami w obecności dielektryka, pozwala na obróbkę złożonych geometrycznie kształtów. Ze względu na możliwości kształtowania materiałów trudnoobrabialnych, obróbka elektroerozyjna znajduje szerokie zastosowanie w wytwarzaniu części do przemysłu lotniczego, kosmicznego, energetycznego, jak również produkcji narzędzi dla przemysłu przetwórstwa tworzyw sztucznych.

Zjawiska fizyczne występujące podczas procesu usuwania materiału w obróbce elektroerozyjnej badane są przez interdyscyplinarne zespoły naukowców. Przebieg wyładowania elektrycznego pomiędzy dwiema elektrodami podłączonymi do odmiennych biegunów prądowych ma złożony charakter. W wyniku przyłożenia napięcia elektrycznego do elektrod wytwarzane jest zmienne w czasie pole elektryczne. Przy odpowiedniej grubości szczeliny międzyelektrodowej i przekroczeniu wartości napięcia granicznego następuje „przebicie” dielektryka i emisja elektronów z katody. W wyniku jonizacji dielektryka wytwarza się kanał plazmowy, przez który przepływa prąd. Gwałtowne lokalne procesy termiczne powodują topnienie, wrzenie i parowanie materiału obrabianego i elektrody roboczej. Wokół kanału plazmowego wytwarza się pęcherz gazowy wypełniony jonami i parami roztopionego metalu. Wyłączenie napięcia elektrycznego i natężenia prądu powoduje implozyjne zamknięcie kanału plazmowego i pęcherza gazowego. Roztopiony ciekły metal wyrzucony z kanału plazmowego zastyga w dielektryku tworząc produkty obróbki. Po zakończeniu wyładowania elektrycznego, temperatura kanału plazmowego i powierzchni obrabianych gwałtownie obniża się. Następuje stabilizacja warunków w szczelinie, po czym proces powtarza się cyklicznie. Termiczne procesy warunkujące usuwanie materiału powodują zmiany w jego mikrostrukturze. Jakość obrobionych powierzchni nie zawsze spełnia określone oczekiwania.

Adaptacja obróbki elektroerozyjnej w różnych gałęziach przemysłu wymaga odpowiedniego sterowania parametrami obróbki w celu uzyskania oczekiwanej dokładności wymiarowo kształtowej oraz jakości obrobionych powierzchni. Końcowy stan warstwy wierzchniej wpływa bezpośrednio między innymi na trwałość wykonanych elementów.

Poszukiwane są rozwiązania zaimplementowane w EDM zapewniające odpowiednią chropowatość powierzchni oraz grubość warstw zmienionych tak, aby ograniczyć do niezbędnego minimum udział dodatkowych obróbek wykończeniowych w produkcji poszczególnych części.

Obszar dotychczasowych zainteresowań naukowców obejmuje analizę możliwości obróbki szerokiego spektrum materiałów, przy czym rozwój inżynierii materiałowej i wprowadzanie nowych materiałów specjalizowanych do poszczególnych gałęzi przemysłu wymaga opracowania nowych technologii. Przykładem są materiały żarowytrzymałe, żaroodporne znajdujące szczególne zastosowanie w lotnictwie, materiały o wysokiej przewodności cieplnej znajdujące zastosowanie w przemyśle przetwórstwa tworzyw sztucznych (nowoczesne materiały stosowane na formy wtryskowe), czy też wolframowe stopy ciężkie znajdujące zastosowanie w przemyśle zbrojeniowym.

Nowoczesne materiały stosowane na formy wtryskowe w porównaniu do dotychczasowo używanych, charakteryzują się wysokim przewodnictwem cieplnym (do 66 W/m K) i wysoką wytrzymałością, co istotnie wpływa na trwałość form wtryskowych. Jednym z grupy materiałów charakteryzującym się wysokim przewodnictwem cieplnym przy zachowaniu odpowiednich właściwości mechanicznych jest stal narzędziowa HTCS 150. Ze względu na wysoką przewodność cieplną badanego materiału, charakterystyczne dla procesu EDM cechy topografii powierzchni oraz zmiany w mikrostrukturze materiału mogą być odmienne w stosunku do dotychczasowo badanych stali narzędziowych. W świetle publikowanych prac badanie procesu obróbki elektroerozyjnej stali HTSC 150 jest nowym obszarem badawczym dotychczas nieprzedstawianym w dostępnej literaturze.

W ostatnich latach zauważyć można znaczny wzrost zastosowań stopów żarowytrzymałych i żaroodpornych w przemyśle lotniczym, samochodowym i energetycznym. Jednym z przykładów omawianej grupy materiałów są stopy oparte na bazie niklu, do których zaliczany jest Inconel 718. Szacuje się, że ze stopów opartych na osnowie niklu wykonuje się ponad połowę elementów stosowanych w branży lotniczej, szczególnie tych komponentów sekcji silników takich jak: elementy turbiny, łopatki, zespół komory spalania. Duża liczba zastosowań Inconelu w warunkach produkcyjnych oraz trudności w jego kształtowaniu znajdują swoje odzwierciedlenie w znaczącej liczbie publikacji obejmującej badania nad różnymi metodami jego kształtowania. Pomimo szerokiego spektrum prowadzonych badań, zagadnienia dotyczące procesu obróbki elektroerozyjnej Inconelu 718 w odniesieniu do analizy zjawisk fizycznych warunkujących usuwanie materiału, budowy modeli matematycznych procesu i jego optymalizacji nie wyczerpuje tematyki badawczej.

Prezentowane wyniki prac teoretyczno doświadczalnych są wynikiem wieloletnich badań autora nad procesem erozji materiałów trudnoobrabialnych, które prowadzone były w ramach projektów badawczych. Genezą powstania pracy było opracowanie podstaw technologii obróbki elektroerozyjnej nowych materiałów stosowanych na narzędzia w przetwórstwie tworzyw sztucznych oraz stopów żarowytrzymałych i żaroodpornych stosowanych w przemyśle lotniczym i energetyce.

Istotne z punktu widzenia rozszerzenia dotychczasowego stanu wiedzy dotyczącego procesu obróbki elektroerozyjnej jest poznanie wpływu parametrów obróbki, określających energię wyładowania elektrycznego oraz gęstość strumienia ciepła wewnątrz kanału plazmowego na

wskaźniki technologiczne obróbki materiałów takich jak HTCS 150, Inconel 718, wolframowych stopów ciężkich oraz stali narzędziowej 1.2713.

Ważną częścią prowadzonych prac były badania nad procesem erozji elektrycznej w ośrodku z dodatkowymi cząstkami przewodzącymi w dielektryku. Zaproponowane przeze mnie rozwiązanie polegające na zastosowaniu płatków zredukowanego tlenku grafenu w dielektryku, które powoduje dyspersję i multiplikację wyładowań elektrycznych w trakcie jednego impulsu w celu poprawy wskaźników technologicznych obróbki elektroerozyjnej jest nowym obszarem badawczym dotychczas nieomawianym w dostępnej literaturze.

#### 4.2.2. Cel naukowy prowadzonych badań

Głównym celem prowadzonych badań jest poznanie wpływu energii wyładowania elektrycznego i strumienia ciepła wewnątrz kanału plazmowego na wskaźniki technologiczne obróbki elektroerozyjnej, które pozwolą na opracowanie podstaw technologii trudnoobrabialnych materiałów takich jak HTCS 150 i Inconel 718, stal narzędziowa 1.2713 oraz wolframowe stopy ciężkie.

Istotną częścią pracy są badania nad multiplikacją i dyspersją wyładowań elektrycznych na płatkach zredukowanego tlenku grafenu, które prowadzą do obniżenia energii wyładowań elektrycznych przy jednoczesnym zwiększeniu stabilności występujących wyładowań. Obecność dodatkowych cząstek w dielektryku powoduje zmianę nie tylko w propagacji wyładowań elektrycznych ale również odgrywa ważną rolę w procesie zmiany warunków wymiany ciepła w szczelinie międzyelektrodowej.

Realizacja sformułowanego celu wymagała wyodrębnienia następujących zadań badawczych:

- wyjaśnienie wpływu energii wyładowania elektrycznego i gęstości strumienia ciepła na skutki jakościowe obróbki elektroerozyjnej stali HTCS 150 oraz Inconelu 718,
- opracowanie modeli matematycznych procesu obróbki elektroerozyjnej stali HTCS oraz Inconelu 718, stali narzędziowej 1.2713 oraz wolframowych stopów ciężkich. opartych na danych empirycznych w celu wyznaczenia podstawowych charakterystyk procesu,
- opracowanie optymalizacji wielokryterialnej obróbki elektroerozyjnej Inconelu 718, wyjaśnienie zależności fizycznych procesu w stosunku do uzyskanych efektów obróbki,
- opracowanie optymalizacji wielokryterialnej obróbki elektroerozyjnej stali narzędziowej 1.2713, wyjaśnienie zależności fizycznych procesu w stosunku do uzyskanych efektów obróbki,
- wyjaśnienie wpływu obecności płatków zredukowanego tlenku grafenu w dielektryku na propagację i dyspersję wyładowań elektrycznych,
- opracowanie modeli matematycznych procesu obróbki elektroerozyjnej z zastosowaniem płatków zredukowanego tlenku w dielektryku w celu wyznaczenia podstawowych charakterystyk procesu.

Przedstawione zagadnienia obejmują analizę teoretyczną i doświadczalną zjawisk fizycznych występujących w procesie obróbki elektroerozyjnej i ich implikację na skutki



jakościowe obróbki. Określone cele wyznaczają nowy obszar badawczy w świetle dostępnych danych literaturowych.

Uzyskane informacje na temat przebiegu wyładowań w dielektryku na bazie zawiesiny nafty z płatkami zredukowanego tlenu grafenu stanowią innowację, która istotnie poszerza dotychczasowy stan wiedzy.

Prowadzone badania oprócz aspektu poznawczego ukierunkowane były na możliwość ich wdrożenia w warunkach przemysłowych.

#### 4.2.3. Omówienie osiągniętych wyników

Prowadzone przeze mnie badania teoretyczno doświadczalne procesu obróbki elektroerozyjnej materiałów trudnoobrabialnych charakteryzują się szerokim zakresem prac, które realizowane były w ramach projektów badawczych. Przeprowadzone badania teoretyczno doświadczalne obróbki elektroerozyjnej materiałów trudnoobrabialnych ukierunkowane są na wyznaczenie zależności pomiędzy parametrami definiującymi energię wyładowania elektrycznego a skutkami jakościowymi obróbki elektroerozyjnej.

Badania procesu obróbki elektroerozyjnej stali HTC 150 skoncentrowane były na określeniu wpływu energii wyładowania elektrycznego i gęstości strumienia ciepła na: topografię powierzchni oraz zmiany w mikrostrukturze materiału. Wyznaczono modele matematyczne procesu opisujące wpływ parametrów definiujących energię wyładowania elektrycznego i gęstość strumienia ciepła na wybrane parametry chropowatości powierzchni, grubość warstwy przetopionej. Przeprowadzone badania wykazały, iż w przypadku obróbki stali HTCS 150 ze względu na wysokie przewodnictwo cieplne materiału, cechy stereometryczne powierzchni zależą od gęstości strumienia ciepła wewnątrz kanału plazmowego oraz procesów fizycznych związanych z usuwaniem materiału i jego ponownym zestaleniem na powierzchni obrabianej [A1, A5, A11, A12].

Przeprowadzone badania wykazały, iż w wyniku oddziaływania gwałtownych lokalnych procesów termicznych wywołanych wyładowaniem elektrycznym w mikrostrukturze badanego materiału można wyodrębnić trzy warstwy: warstwę przetopioną, warstwę strefy wpływu ciepła i warstwę odpuszczoną. Warstwa przetopiona powstaje w wyniku ponownego krzepnięcia roztopionego metalu, która w procesie erozji nie została usunięta z krateru. Warstwa ta, ze względu na procesy fizyczne zachodzące w trakcie wyładowania wewnątrz kanału plazmowego i otaczającego go pęcherza gazowego: pyrolizę dielektryka, topnienie materiału elektrod, wrzenie i parowanie materiału elektrod, w swojej strukturze może posiadać pierwiastki zarówno pochodzące z dyfuzji węgla (dla dielektryków węglowodorowych) jak również pierwiastki elektrody roboczej. Bezpośrednio pod warstwą przetopioną występuje warstwa strefy wpływu ciepła. Analizowana warstwa powstaje w wyniku oddziaływania energii cieplnej dostarczonego do tej części materiału. W wyniku oddziaływania strumienia ciepła nie została osiągnięta temperatura topnienia materiału ale wartość pola temperatury była wystarczająca, aby nastąpiły przemiany fazowe. Warstwa odpuszczona natomiast powstaje w wyniku oddziaływania strumienia ciepła poniżej temperatury przemian fazowych i odprowadzenia energii cieplnej do materiału rodzimego. Podczas obróbki, wyładowania elektryczne prowadzą do lokalnych procesów topnienia, odparowania materiału, usunięcia produktów obróbki

i szybkiego ponownego krzepnięcia nieusuniętej części roztopionego metalu. Opisane procesy przebiegają w sposób gwałtowny i prowadzą do generowania typowych defektów mikrostruktury materiału, jakimi są mikropęknięcia. Naprężenia cieplne, wytworzone są na skutek niejednorodnego przepływu ciepła wewnątrz materiału i przemian fazowych zachodzących w jego mikrostrukturze. Przekroczenie dopuszczalnej wytrzymałości na rozciąganie dla danego materiału, jest zatem podstawą tworzenia mikropęknięć. Mikropęknięcia są efektem niepożądanym, powodującym min.: zmniejszenie wytrzymałości zmęczeniowej oraz odporności na korozję. Na podstawie analizy obrazów mikrostruktury, na zglądach metalograficznych powierzchni po EDM stwierdzono, że mikropęknięcia występują na powierzchni powstałego krateru i skierowane są zazwyczaj prostopadle do powierzchni materiału. Mikropęknięcia w większości przypadków propagują do końca warstwy przetopionej [A1, A5, A10].

Badania porównawcze struktury metalograficznej materiału wykazały, iż przewodność cieplna ma istotny wpływ na zmiany zachodzące w jego strukturze. Dwukrotnie większa przewodność stali HTSC 150 (66 W/mK) względem stali 1.2713 (34,5 W/m K) istotnie wpływa na rozprzestrzenianie się strumienia ciepła w materiale. Dla stali HTCS 150 mniejsza część energii prowadzi do topnienia i odparowania materiału a w wyniku kondukcji przekazywana jest w głąb materiału. Skutkiem tego jest min. zmniejszenie grubości warstwy przetopionej, strefy wpływu ciepła oraz wzrost grubości warstwy odpuszczonej w porównaniu do stali 1.2713. Ważne z punktu widzenia wdrożeniowego wyników pracy były badania obróbki sekwencyjnej (podział na obróbkę zgubną, pół wykańczającą i wykańczającą). Uzyskane wyniki potwierdziły, iż przy odpowiednim doborze naddatków obróbkowych, końcowa grubość warstwy przetopionej odpowiada grubości uzyskanej w prowadzonych badaniach dla pojedynczego zabiegu. Uzyskane wyniki potwierdzają stabilność i powtarzalność procesu obróbki elektroerozyjnej [A1].

Opracowane statystyczne modele matematyczne mogą stanowić podstawę opracowania technologii obróbki elektroerozyjnej stali HTCS 150. Informacje dotyczące badanych zależności pozwalają na dobór odpowiednich naddatków obróbkowych w warunkach produkcyjnych, w celu uzyskania oczekiwanego stanu warstwy wierzchniej obrabianych elementów.

Istotną częścią prowadzonych prac nad obróbką elektroerozyjną materiałów trudnoobrabialnych stanowią również badania obróbki wolframowych stopów ciężkich. Wyznaczone modele matematyczne oparte na danych empirycznych opisujące wpływ natężenia prądu i czasu impulsu na chropowatość  $Sa$  i gęstość powierzchniową wierzchołków miejscowych wzniesień  $Sds$  wskazują, iż geometria kraterów powstałych w wyniku wyładowań elektrycznych zależy od wartości energii wyładowania elektrycznego, przy czym zależności te nie są wprost proporcjonalne. Zgodnie z założeniem Gaussowskiego kształtu strumienia ciepła wewnątrz kanału plazmowego, wzrost czasu impulsu przy stałym natężeniu prądu powoduje obniżenie gęstości strumienia ciepła. Głębokość kraterów uzależniona jest zatem od wartości natężenia prądu, przy czym wzrost czasu impulsu istotnie wpływa na ich średnicę. Przeprowadzone badania teoretyczno doświadczalne wykazały, iż wysoka temperatura topnienia (3693 K) i przewodność cieplna (174 W/m K) w połączeniu z niejednorodnością materiału (ziarna wolframu otoczone są osnową, będącą roztworem stałym na bazie niklu), istotnie wpływa na proces erozji. Przedstawione własności fizyko – chemiczne determinują

zmiany w ilości usuwania materiału w pojedynczym impulsie w stosunku do stali. Wysoka temperatura topnienia oraz straty energii cieplnej w wyniku kondukcji w głąb materiału powodują, iż po przekroczeniu pewnych wartości natężenia prądu, wzrostowi energii wyładowania elektrycznego nie odpowiada istotny wzrost ilości usuwanego materiału. Gęstość strumienia ciepła w kanale plazmowym jest zbyt mała, aby zwiększyć objętość topionego i odparowanego materiału [A15].

Ważną częścią prowadzonych przeze mnie prac nad obróbką elektroerozyjną materiałów trudnoobrabialnych stanowiły badania teoretyczno doświadczalne procesu obróbki elektroerozyjnej Inconelu 718. Realizowane prace skoncentrowane były na wyjaśnieniu wpływu energii wyładowania elektrycznego i gęstości strumienia ciepła na: morfologię śladów pojedynczych wyładowań elektrycznych, zmiany w mikrostrukturze materiału oraz wydajność usuwania materiału. Wyznaczono modele matematyczne procesu opisujące wpływ parametrów definiujących energię wyładowania elektrycznego i gęstość strumienia ciepła: natężenie wyładowania i czas impulsu (przy stałym napięciu wyładowania) na chropowatość powierzchni, grubość warstwy przetopionej i wydajność usuwania materiału. Przeprowadzono optymalizację wielokryterialną procesu obróbki elektroerozyjnej Inconelu 718 z uwzględnieniem podziału obróbki na odpowiednie etapy (obróbka wykańczająca, pół wykańczająca i zgrubna). Przeprowadzona analiza teoretyczna i doświadczalna wpływu badanych parametrów obróbki elektroerozyjnej na proces tworzenia kraterów wskazuje, iż kraterzy wypełnione są przetopionym materiałem, który zastygł na jego powierzchni. Brak pęcherzy gazowych obserwowanych w warstwie przetopionej świadczy, iż strumień ciepła oddziaływujący na tą warstwę nie powodował jej wrzenia. Warstwa zrekrytalizowała z fazy ciekłej. Znacząca objętość materiału przetopionego obserwowana na zdjęciach makroskopowych wskazuje, iż duża część ciekłego metalu „wyrzucana” jest do przestrzeni międzyelektrodowej w postaci „mikrostrug” i ponownie na nim krzepnie [A1, A6].

Przeprowadzone badania wskazały, iż rozpatrywanie wyłącznie wartości energii wyładowania w stosunku do uzyskanych efektów obróbki może powodować błędne wnioski. Istotne z punktu widzenia jest wyznaczenie gęstości strumienia ciepła i jego kształtu wewnątrz kanału plazmowego, który warunkuje ilość i geometrię usuwanego materiału w pojedynczym impulsie [A1].

Wyznaczone optymalne parametry obróbki EDM Inconelu 718 w odniesieniu do pożądanych wartości chropowatości, grubości warstwy przetopionej i wydajności usuwania materiału korespondują z wnioskami z analizy teoretyczno - doświadczalnej procesu. W przypadku obróbki wykańczającej, optymalne parametry odpowiadają możliwie największej energii wyładowania, uzyskanej dla najmniejszej wartości natężenia prądu. Zmniejszenie gęstości strumienia ciepła w kanale plazmowym (poprzez wydłużenie czasu impulsu) powoduje, iż powstałe kraterzy mają stosunkowo niewielką głębokość przy zwiększonej średnicy a roztopiony metal tworzący warstwę przetopioną równomiernie zastyga na powierzchni materiału. W wyniku optymalizacji parametrów obróbki wykańczającej ( $I = 1,7 \text{ A}$ ,  $t_{\text{on}} = 125 \text{ }\mu\text{s}$ ,  $E = 5,31 \text{ mJ}$ ) uzyskano przyjętą w kryterium optymalizacyjnym **minimalną chropowatość  $Sa = 1,41 \text{ }\mu\text{m}$  i grubość warstwy przetopionej  $Gwp = 5,5 \text{ }\mu\text{m}$  przy trzykrotnym wzroście wydajności usuwania materiału ( $0,75 \text{ mm}^3/\text{min}$ ) względem wyników uzyskanych z prób doświadczalnych dla podobnych wartości  $Sa$  i  $Gwp$** . W przypadku obróbki pół wykańczającej zastosowanie maksymalnej wartości natężenia prądu płynącego w kanale

plazmowym w połączeniu z krótkim czasem impulsu ( $t_{on} = 5\mu s$ ) powoduje zwiększenie gęstości strumienia ciepła. Generowane są zatem stosunkowo głębokie kratery o niewielkiej średnicy. Zastosowanie krótkiego czasu impulsu zgodnie z przyjętymi warunkami procesu implikuje stosowanie krótkiego czasu przerwy, powodując zwiększenie częstotliwości wyładowań elektrycznych. Uzyskana wydajność  $31\text{ mm}^3/\text{min}$  odpowiada wydajnościom usuwania materiału spotykanym w obróbce zgrubnej, co przy uzyskaniu chropowatości  $Sa = 6\text{ }\mu\text{m}$  i grubości warstwy przetopionej  $10\text{ }\mu\text{m}$  można uznać za bardzo dobry wynik [A1].

Wyznaczone optymalne parametry dla obróbki zgrubnej wskazują, iż przy określonej energii wyładowania ( $E = 20,5\text{ mJ}$ ) gęstość strumienia ciepła wewnątrz kanału plazmowego powoduje intensywne topnienie i parowanie materiału, co świadczy o tym, iż ilość usuwanego materiału w pojedynczym impulsie w połączeniu z częstotliwością wyładowań jest optymalna [A1].

Przedstawione zależności fizyczne warunkujące proces obróbki elektroerozyjnej Inconelu mogą być uogólnione również na inne materiały, przy czym optymalne wartości parametrów obróbki definiujące energię wyładowania i gęstości strumienia ciepła mogą ulec zmianie. Przeprowadzone badania optymalizacji wielokryterialnej stali narzędziowej 1.2713 wskazują na odmienne wartości optymalnych parametrów obróbki, przy zbliżonych wartościach oczekiwanych grubości warstwy przetopionej i chropowatości powierzchni. Na podstawie wyników badań doświadczalnych, wyznaczono modele matematyczne procesu obróbki elektroerozyjnej z zastosowaniem metodyki powierzchni odpowiedzi, które następnie wykorzystano w procesie optymalizacji wielokryterialnej. Celem pracy było wyznaczenie optymalnych parametrów obróbki dla pożądaných wartości chropowatości  $Sa$ , grubości warstwy przetopionej oraz wydajności usuwania materiału z uwzględnieniem podziału na obróbkę wykańczającą, pół wykańczającą i zgrubną. Stosując funkcję użyteczności Deringera wyznaczono optymalne parametry w poszczególnych etapach obróbki, przyjmując jako kryteria: dla obróbki wykańczającej uzyskanie minimalnej wartości chropowatości  $Sa$  i grubości warstwy przetopionej przy możliwie największej wydajności objętościowej usuwania materiału, dla obróbki pół wykańczającej uzyskanie określonej wydajności objętościowej usuwania materiału przy możliwie najmniejszej chropowatości  $Sa$  i grubości warstwy przetopionej oraz dla ostatniego etapu obróbki zgrubnej uzyskanie maksymalnej wydajności usuwania materiału przy możliwie najmniejszej chropowatości  $Sa$  i grubości warstwy przetopionej. W wyniku optymalizacji parametrów obróbki wykańczającej ( $I = 3\text{ A}$ ,  $t_{on} = 176\text{ }\mu\text{s}$ ,  $E = 13,2\text{ mJ}$ ) **uzyskano wartość chropowatości  $Sa = 1,7\text{ }\mu\text{m}$  i grubości warstwy przetopionej  $Gwp = 6\text{ }\mu\text{m}$  przy siedmiokrotnym wzroście wydajności usuwania materiału (do  $1,1\text{ mm}^3/\text{min}$ ) względem wyników uzyskanych z prób doświadczalnych dla podobnych wartości  $Sa$  i  $Gwp$  [A4, A13, A14].**

Porównanie wyników optymalizacji dla Inconelu 718 i stali narzędziowej 1.2713 wskazuje, iż istotny wpływ na proces topnienia i parowania materiału zachodzącego w wyniku wyładowania elektrycznego ma przewodność cieplna materiału. W przypadku Inconelu 718 niska przewodność cieplna ( $11,2\text{ W/mK}$ ) powoduje, iż przy dwukrotnie mniejszej wartości energii wyładowania w stosunku do stali narzędziowej 1.2713 ( $33,5\text{ W/mK}$ ), uzyskiwane są podobne wskaźniki technologiczne procesu. Przeprowadzone badania potwierdzają, iż przewodność cieplna istotnie wpływa na ilość usuwanego materiału w pojedynczym impulsie.

Przeprowadzona weryfikacja przewidywanych wyników optymalizacji z wynikami doświadczalnych prób drążenia elektroerozyjnego badanych materiałów dla poszczególnych etapów obróbki (wykańczająca, pół wykańczająca i zgrubna) wykazała, iż maksymalny błąd pomiędzy wartością przewidywaną a wartością zmierzoną wynosi 9 %. Biorąc pod uwagę stochastyczny charakter wyładowań elektrycznych w obróbce EDM, wyniki przeprowadzonej optymalizacji należy uznać za bardzo dobre [A1, A4].

Wyniki optymalizacji wielokryterialnej umożliwiają budowę zaawansowanych strategii obróbkowych dla badanego materiału i ich implementację w już istniejących obrabiarkach. Dobór optymalnych parametrów obróbki z uwzględnieniem podziału procesu na różne etapy, pozwoli na znaczną redukcję kosztów wytwarzania części przy zakładanym stanie warstwy wierzchniej.

Opracowane modele matematyczne i optymalizacja procesu obróbki elektroerozyjnej dla Inconelu 718 i stali 1.2713 charakteryzują się wysoką elastycznością i wskazują dobór optymalnych parametrów obróbki w zależności od zakładanych jej efektów. Umożliwia to dynamiczną odpowiedź na wymagania rynku konsumenckiego i przestawienie produkcji w zależności od oczekiwanej jakości wytwarzanych produktów. Przeprowadzenie badań na obrabiarkach produkcyjnych zapewniło uzyskanie rzeczywistych warunków pracy i umożliwi wdrożenie wyników w istniejących już urządzeniach.

Do głównych korzyści wdrożenia wyników pracy należy wzrost jakości wytwarzanych tą metodą wyrobów, usprawnienie procesu wytwórczego przy jednoczesnym obniżeniu kosztów produkcji. Wyżej wymienione aspekty przekładają się bezpośrednio na wzrost konkurencyjności przedsiębiorstw zajmujących się obróbką elektroerozyjną, dla których adresowane są opracowane technologie.

Istotną częścią prowadzonych przez mnie prac nad poprawieniem stanu warstwy wierzchniej obrobionej elektroerozyjnie i wydajności usuwania materiału, były badania teoretyczno doświadczalne procesu obróbki elektroerozyjnej z zastosowaniem płatków zredukowanego tlenku grafenu (RGO- Reduced Graphene Oxide) w dielektryku. Ze względu na właściwości grafenu, ośrodki naukowe i komercyjne, pracownie badawcze na całym świecie prowadzą intensywne badania nad tanim wytworzeniem przemysłowych ilości grafenu o wysokiej jakości. Spełnienie tych kryteriów może być katalizatorem zmian w otaczających nas przedmiotach i urządzeniach [A1, A9].

Prowadzone przeze mnie prace skoncentrowane były na wyjaśnieniu wpływu zastosowania płatków zredukowanego tlenku grafenu w dielektryku na propagację i dyspersję wyładowań elektrycznych. W początkowym etapie prac, ze względu na brak danych literaturowych (**pierwsze tego typu prace na świecie**) dokonałem analizy możliwości zastosowania płatków zredukowanego tlenku grafenu w celu uzyskania efektu dyspersji i multiplikacji wyładowań elektrycznych. W prowadzonych badaniach wyznaczyłem graniczny zakres natężenia prądu wyładowania i czasu impulsu, przy których możliwe jest zainicjowanie wyładowania elektrycznego dla różnych wartości stężenia procentowego płatków RGO w dielektryku. Następnie wyznaczyłem wpływ kierunku propagacji wyładowania elektrycznego (polaryzacji elektrod - badania przy zmiennej biegunowości), na skutki jakościowe obróbki (chropowatość powierzchni i grubość warstwy przetopionej) [A1, A2].

Przeprowadzone badania wykazały, iż zastosowanie płatków RGO w dielektryku obniża lokalnie rezystancję dielektryka i ułatwia inicjację wyładowania elektrycznego. Pod wpływem

przyłożonego napięcia do elektrod następuje polaryzacja płatków RGO w dielektryku, które tworzą „mostki” umożliwiając jednoczesne wyładowania elektryczne w kilku miejscach. Zastosowanie dodatkowych cząstek przewodzących powoduje zwiększenie grubości szczeliny międzyelektrodowej, co prowadzi do lepszego płukania i odprowadzania produktów obróbki ze szczeliny międzyelektrodowej. Ze względu na własności płatków RGO, które posiadają wolne miejsca na elektrony, mogą one koncentrować elektrony na powierzchni płatków zachowując się jak kondensator. Emisja elektronów z płatków może prowadzić do dyspersji wyładowań na kolejnych płatkach RGO. Powoduje to obniżenie energii wyładowania elektrycznego docierającego do powierzchni przedmiotu obrabianego. Generowane kraterki mają mniejszą średnicę i głębokość w stosunku do obróbki EDM w nafcie przy tych samych badanych parametrach natężenia prądu i czasu impulsu [A1, A7, A8]. Analiza mikrostruktury materiału na zglądach metalograficznych wskazuje również, iż zastosowanie RGO w dielektryku istotnie wpływa na ciągłość warstwy przetopionej. W obróbce EDM w nafcie, materiał, który w procesie erozji nie został usunięty z krateru jest gwałtownie chłodzony przez dielektryk powodując jego rekrytalizację. W przypadku EDM z cząsteczkami przewodzącymi, część energii cieplnej wyładowania elektrycznego zgromadzona jest w płatkach RGO. Pod koniec wyładowania energia ta oddawana jest do dielektryka w wyniku kondukcji, co powoduje równomierne krzepnięcie roztopionego metalu na powierzchni rdzenia [A1, A2].

Zmiana propagacji wyładowań elektrycznych spowodowana zmianą właściwości ośrodka (zastosowanie zawiesiny RGO w nafcie) ma również istotny wpływ na uzyskaną wartość wydajności objętościowej usuwania materiału. Obecność płatków RGO zmniejsza rezystancję dielektryka, co w konsekwencji prowadzi do inicjacji wyładowań elektrycznych przy większej grubości szczeliny międzyelektrodowej w stosunku do obróbki EDM w nafcie. Zwiększenie grubości szczeliny ułatwia proces usuwania produktów obróbki i w konsekwencji prowadzi do uzyskania stabilnych wyładowań elektrycznych. Multiplikacja wyładowań elektrycznych w trakcie jednego impulsu prowadzi do zwiększenia częstotliwości wyładowań elektrycznych, która w konsekwencji powoduje zwiększenie wydajności usuwania materiału pomimo obniżonej energii pojedynczego wyładowania. Przeprowadzone badania doświadczalne wskazują, iż zastosowanie zawiesiny 0,1 % RGO w nafcie dla parametrów odpowiadających obróbce wykańczającej **zmniejsza wartość chropowatości  $R_a$  o 460 % przy równoczesnym wzroście wydajności objętościowej usuwania materiału o 12 % w stosunku do obróbki w nafcie**. W przypadku obróbki EDM w zawiesinie 0,1 % RGO w nafcie z największą energią wyładowań elektrycznych, **uzyskano zmniejszenie wartości chropowatości  $R_a$  o 60% przy jednoczesnym wzroście wydajności usuwania materiału o 27 % w porównaniu do obróbki w nafcie** [A1, A3].

Ważną częścią badań nad procesem obróbki elektroerozyjnej z płatkami RGO w dielektryku było opracowanie modeli matematycznych procesu opisujących wpływ parametrów definiujących energię wyładowania elektrycznego i gęstość strumienia ciepła: natężenie wyładowania i czasu impulsu (przy stałym napięciu wyładowania) na chropowatość powierzchni i wydajność usuwania materiału. Opracowane modele matematyczne mogą zostać wykorzystane do optymalizacji wielokryterialnej, jak również stanowią podstawę doboru najkorzystniejszych parametrów obróbki EDM dla zakładanej oczekiwanej wartości chropowatości  $R_a$  i wydajności usuwania materiału [A1, A3].

#### 4.2.4. Podsumowanie wkładu w rozwój dyscypliny

Prowadzone przeze mnie badania teoretyczne i doświadczalne procesu obróbki elektroerozyjnej materiałów trudnoobrabialnych mają charakter interdyscyplinarny. Moja uwaga skoncentrowana została na poznanie wpływu energii wyładowania elektrycznego i strumienia ciepła na wskaźniki technologiczne obróbki nowego materiału stosowanego na narzędzia w przemyśle tworzyw sztucznych (HTCS 150) oraz stopu żarowytrzymałego i żaroodpornego wykorzystywanego w przemyśle lotniczym (Inconel 718).

Istotną częścią pracy były również badania procesu erozji wolframowych stopów ciężkich oraz optymalizacja wielokryterialna obróbki elektroerozyjnej stali narzędziowej 1.2713.

Opracowane wyniki prac stanowią podstawę opracowania technologii obróbki elektroerozyjnej materiałów trudnoobrabialnych stosowanych w różnych gałęziach przemysłu. Ważną częścią pracy jest analiza możliwości zastosowania płatków zredukowanego tlenku grafenu (RGO) w dielektryku w celu poprawy jakości powierzchni i wydajności usuwania materiału. W swojej pracy skupiłem się na zagadnieniach, które nie były przedmiotem badań w świetle dostępnych publikowanych prac lub nie wyczerpywały tematyki badawczej.

##### **Za swoje najważniejsze osiągnięcia uważam:**

- Wyznaczenie wpływu energii wyładowania elektrycznego i gęstości strumienia ciepła na: topografię powierzchni oraz zmiany w mikrostrukturze stali HTC 150. Opracowane modele matematyczne opisują wpływ parametrów definiujących energię wyładowania elektrycznego i gęstość strumienia ciepła: natężenie wyładowania i czasu impulsu (przy stałym napięciu wyładowania) na wybrane parametry chropowatości powierzchni i grubość warstwy przetopionej. Wyznaczone modele mogą stanowić podstawę technologii obróbki elektroerozyjnej stali HTCS. Przeprowadzone badania teoretyczno doświadczalne procesu obróbki elektroerozyjnej stali HTCS w odniesieniu do skutków jakościowych obróbki są w świetle publikowanych prac unikalne w skali światowej i poszerzają dotychczasowy stan wiedzy dotyczący obróbki elektroerozyjnej materiałów o wysokiej przewodności cieplnej.
- Wyznaczenie wpływu energii wyładowania elektrycznego i gęstości strumienia ciepła na skutki jakościowe obróbki elektroerozyjnej Inconelu 718. Przeprowadzony szeroki zakres badań uwzględniający analizę śladów pojedynczych wyładowań elektrycznych, cech stereometrycznych obrobionych powierzchni i zmian w mikrostrukturze materiału stanowił podstawę do opracowania optymalizacji wielokryterialnej Inconelu 718. Opracowane modele matematyczne oparte na danych empirycznych mogą stanowić podstawę technologii obróbki elektroerozyjnej Inconelu 718 z uwzględnieniem podziału procesu na kilka etapów w warunkach produkcyjnych. Analiza zjawisk fizycznych procesu obróbki elektroerozyjnej w odniesieniu do skutków jakościowych obróbki wraz z optymalizacją wielokryterialną procesu istotnie uzupełnia i poszerza dotychczasowy stan wiedzy o obróbce elektroerozyjnej Inconelu 718.
- Analiza możliwości zastosowania płatków zredukowanego tlenku grafenu (RGO) w dielektryku w celu poprawy jakości powierzchni i wydajności usuwania materiału. Według dostępnych dla autora pracy informacji, analiza zjawisk fizycznych występujących podczas drążenia elektroerozyjnego w zawiesinie RGO w dielektryku oraz ich implikacja na stan warstwy wierzchniej i wydajność usuwania materiału są

pierwszymi badaniami na świecie. Przeprowadzona analiza literaturowa wykazuje, iż zagadnienie obróbki elektroerozyjnej z płatkami zredukowanego tlenku grafenu w dielektryku jest nowym obszarem badawczym dotychczas nieomawianym w dostępnej literaturze. Uzyskane informacje na temat przebiegu wyładowań w dielektryku na bazie zawiesiny nafty z RGO stanowią innowację, która istotnie poszerza dotychczasowy stan wiedzy.

Przeprowadzone przeze mnie badania nie wyczerpują zagadnień, którymi się zajmowałem. Uważam natomiast, że stanowią istotny wkład w rozwój dziedziny, jaką jest budowa i eksploatacja maszyn oraz stanowią punkt wyjścia do podjęcia dalszych badań w tej dziedzinie.

Pomimo szeregu przeprowadzonych badań teoretyczno - doświadczalnych procesu erozji materiałów trudnoobrabialnych, celowe jest prowadzenie dalszych prac. Do głównych kierunków dalszych badań, które planuję podjąć jest:

- Opracowanie złożonego modelu termiczno - fizycznego wyładowań elektrycznych uwzględniającego ich losowość oraz implikację na cechy struktury geometrycznej powierzchni i zmiany w mikrostrukturze materiału.
- Opracowanie komputerowego systemu wspomagania projektowania technologii obróbki elektroerozyjnej pozwalającego na dobór optymalnych parametrów obróbki, z podziałem na jej poszczególne etapy w zależności od oczekiwanego stanu warstwy wierzchniej i wydajności usuwania materiału.
- Dalsze badania procesu erozji z zastosowaniem zredukowanego tlenku grafenu w dielektryku, uwzględniające szersze spektrum obrabianych materiałów, w tym podjęcie próby obróbki materiałów słabo przewodzących i nieprzewodzących prądu elektrycznego.

## **5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych**

### **5.1. Osiągnięcia naukowo badawcze niewchodzące w skład osiągnięcia przedstawionego w punkcie 4**

#### **Przed uzyskaniem stopnia doktora**

Po ukończeniu studiów magisterskich w 2009 roku podjąłem dalszą edukację na studiach doktoranckich na Wydziale Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej. W 2009 roku podjąłem również pracę w Zakładzie Obróbek Wykańczających i Erozyjnych Instytutu Technik Wytwarzania Wydziału Inżynierii Produkcji PW. W trakcie studiów doktoranckich moja uwaga skoncentrowana była na niekonwencjonalnych technologiach wytwarzania a w szczególności na obróbkach erozyjnych. W 2010 roku w ramach uczestnictwa w granice KBN odbyłem 5 dniowe szkolenie w firmie EROWA w Szwajcarii w celu zapoznania się z najnowszymi systemami oprzyrządowania obrabiarek i automatyzacji produkcji. W latach 2010 -2011 ukończyłem szereg szkoleń z zakresu programowania i obsługi obrabiarek sterowanych numerycznie (tokarek CNC, frezarek CNC, wycinarek elektroerozyjnych, drążarek wgłębnych), które umożliwiły mi późniejsze samodzielne badania różnych procesów technologicznych w warunkach przemysłowych. W 2011 roku odbyłem 2 miesięczny staż naukowy w firmie GF AgieCharmilles, gdzie miałem możliwość zapoznania się z najnowszymi



rozwiązaniami z zakresu budowy i sterowania obrabiarek elektroerozyjnych, jak również aktywnie uczestniczyłem w opracowaniu nowych rozwiązań dotyczących projektowania technologii obróbek erozyjnych. Prowadzone badania dotyczące charakterystyki przebiegów napięciowo - prądowych w warunkach obróbki EDM i ich oddziaływanie na proces usuwania materiału stały się podstawą do sformułowania celu i tematu rozprawy doktorskiej.

W swojej rozprawie doktorskiej pt: „Wpływ charakteru impulsów natężenia prądu i napięcia elektrycznego na strukturę warstwy wierzchniej po obróbce EDM” dokonałem analizy stanu warstwy wierzchniej konstytuowanej po obróbce elektroerozyjnej, uzależnionej od rzeczywistych wartości charakteru impulsów napięcia elektrycznego i natężenia prądu oraz zastosowanego materiału elektrody roboczej. Uwzględnienie wpływu czynnika technologicznego (rodzaju materiału elektrody roboczej) miało za zadanie pozyskanie wiedzy o możliwościach zastosowania określonego materiału elektrody w zależności od pożądanых cech warstwy wierzchniej jak również wydajności obróbki. **Rozprawa doktorska została wyróżniona** przez Radę Wydziału Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej.

W trakcie realizacji studiów doktoranckich uzyskałem **stypendium „Mazovia”** - dla najlepszych doktorantów w Województwie Mazowieckim. Studia doktoranckie ukończyłem w grupie 5 % najlepszych absolwentów.

**W okresie przed obroną doktoratu byłem autorem lub współautorem 19 publikacji w recenzowanych czasopismach, brałem aktywny udział w 5 konferencjach naukowych, 1 grantie KBN, 1 ekspertyzie dla przemysłu, 7 pracach badawczych, w tym jednej byłem kierownikiem.**

**Opracowane wyniki prac realizowanych w ramach rozprawy doktorskiej zostały wdrożone w jednym przedsiębiorstwie przemysłowym.**

Poniżej przedstawiono wykaz udziału w projektach badawczych przed uzyskaniem stopnia doktora:

1. Rozenek M., Lechniak Z., Świercz R., Oniszczyk D., Zwora J., *Opracowanie metody konwersji pliku CLDATA w sposób zapewniający wymiennność informacji o położeniu narzędzia w różnych systemach CAD/CAM*, 2013, Politechnika Warszawska, **wykonawca**.
2. Dąbrowski L. Rozenek M., Świercz R., Oniszczyk D., Zwora J., *Optymalizacja wielokryterialna właściwości cieczy roboczej i warunków hydrodynamicznych wycinania elektroerozyjnego drutem (WEDM)*, 2009 - 2012, NCN, **wykonawca**.
3. Oniszczyk D., Świercz R., Rozenek R., *Wpływ warunków procesu obróbki wycinania elektroerozyjnego (WEDM) na skutki jakościowe obróbki*, 2012, Politechnika Warszawska, **wykonawca**.
4. Oniszczyk D., Świercz R., Rozenek R., *Modelowanie przepływu dielektryka w szczelinie międzyelektrodowej podczas wycinania elektroerozyjnego (WEDM)*, 2012, Politechnika Warszawska, **wykonawca**.
5. Świercz R., Dąbrowski L. Rozenek M., Oniszczyk D., *Charakterystyka mikrostruktury warstwy wierzchniej po obróbce EDM*, 2011, Politechnika Warszawska, **kierownik, wykonawca**.

6. Oniszczyk D., Dąbrowski L., Świercz R., Rozenek R., *Opracowanie oraz weryfikacja modelu komputerowego przepływu dielektryka w obróbce Elektroerozyjnego Wycinania Drutem (WEDM)*, 2011, Politechnika Warszawska, **wykonawca**.
7. Dąbrowski L. Rozenek M., Świercz R., Oniszczyk D., *Charakterystyka właściwości fizycznych i geometrycznych warstwy wierzchniej oraz dokładności kształtu po obróbkach erozyjnych*, 2011, Politechnika Warszawska, **wykonawca**.
8. Świercz R., Oniszczyk D., Dąbrowski L., Rozenek M., 2011, *Badania trwałości wiertel krętych*, Instytut Mechaniki Precyzyjnej w Warszawie – **wykonawca**
9. Świercz R., *Charakterystyka mikrostruktury warstwy wierzchniej po obróbce EDM, 2010, Politechnika Warszawska, wykonawca.*

### **Po uzyskaniu stopnia doktora**

Po uzyskaniu stopnia doktora w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn moja działalność naukowo – badawcza poza ujętym we wniosku cyklem jednotematycznych publikacji obejmowała szerokie spektrum prac dotyczących technologii wytwarzania.

W ramach mojej działalności naukowej realizowanej po obronie rozprawy doktorskiej poza ujętym we wniosku cyklem jednotematycznych publikacji zająłem się kontynuowaniem tematyki rozprawy doktorskiej związanej z analizą stanu warstwy wierzchniej po obróbce elektroerozyjnej oraz badaniami procesu wycinania elektroerozyjnego [B3, B4, B9, B10, B15, B16, B19 - B23, B25 - B28, B30, B31]. Szczególna uwaga skoncentrowana została na analizie wpływu zjawisk fizycznych warunkujących proces usuwania materiału na dokładność geometryczną i chropowatość powierzchni wycinanych materiałów.

Istotną częścią prac są również badania procesu niekonwencjonalnej obróbki elektroerozyjnej ze wspomaganie ultradźwięków [B2, B8], które wykazały, iż wymuszony ruch cieczy dielektrycznej (oddziaływanie ultradźwięków) ułatwia odprowadzanie produktów obróbki ze szczeliny międzyelektrodowej, zwiększając stabilność wyładowań elektrycznych przy wzroście wydajności usuwania materiału.

Ważną częścią prowadzonych przeze mnie prac badawczo – naukowych stanowią również badania nad procesem wycinania elektroerozyjnego. Prowadzone prace ukierunkowane były na podwyższeniu dokładności – wymiarowo kształtowej wycinanych przedmiotów oraz opracowaniu nowych algorytmów definiowania drogi prowadzenia narzędzia dla systemów CAD/CAM. Istotną częścią prowadzonych badań nad technologią wycinania elektroerozyjnego stanowią dwie prace realizowane we współpracy z przemysłem, które dotyczyły opracowania nowych technologii procesu cięcia dla zakładanej dokładności wymiarowo kształtowej wykonywanych elementów. **Wyniki zrealizowanej pracy badawczej, której byłem kierownikiem, wdrożono w przedsiębiorstwie.**

Jedną z ważnych części prowadzonych przeze mnie prac są również badania dotyczące niekonwencjonalnych obróbek wykończeniowych w szczególności obróbki: przetłoczono ścierniej [B12, B17, B18], magnetentycznie – ścierniej [B29], obróbki ścierniej tarczami wielowarstwowymi [B13, B24], nakładania powłok osadzanych tarciowo [B1], oraz w wyniku oddziaływania narzędzi mechanicznych [B5, B7, B11]. Operacje wykończeniowe są jednym

z istotnych aspektów kształtowania ostatecznych właściwości warstwy wierzchniej wytwarzanych przedmiotów. Koszty tych operacji sięgają mogą nawet do 15 - 30% kosztów produkcji. Istotny jest zatem dobór odpowiednich technologii wykończeniowych zapewniających dokładność wymiarowo-kształtowo obrabianych elementów jak i chropowatość powierzchni. Opracowane wyniki prowadzonych prac doświadczalnie teoretycznych nad niekonwencjonalnymi obróbkami wykończeniowymi zostały opublikowane w artykułach i recenzowanych materiałach pokonferencyjnych, których byłem współautorem. **W ramach prowadzonych prac nad technologią obróbek wykończeniowych byłem: kierownikiem 1 ekspertyzy na zlecenie przemysłu, której wyniki prac wdrożono w zakładzie produkcyjnym, oraz wykonawcą 1 pracy badawczej.**

Kolejnym obszarem moich naukowych zainteresowań są badania nad technologią obróbki skrawaniem [B14] w której zajmowałem się opracowaniem i analizą modeli matematycznych procesu oraz spajania metali [B6], w których zajmowałem się analizą zmian w mikrostrukturze materiału w wyniku oddziaływania strumienia plazmy.

**W ramach swojej pracy naukowej po uzyskaniu stopnia doktora brałem udział w 14 projektach badawczych i ekspertyzach dla przemysłu w tym w 8 pracach byłem kierownikiem.** Wykaz prowadzonych prac zamieściłem w punkcie 5.2.

**Podsumowując prace naukowo badawcze i technologiczne nieujęte w jednotematycznym opracowaniu będącego podstawą wniosku dotyczyły:**

- badania procesu obróbki elektroerozyjnej ze wspomaganie ultradźwięków, których celem było opracowanie technologii pozwalającej na zwiększenie wydajności usuwania materiału,
- analizę impulsów napięciowo – prądowych w warunkach obróbki elektroerozyjnej i ich implikacji na stan warstwy wierzchniej.
- badania procesu obróbki przetłoczno – ścierniej, których celem była poprawa właściwości warstwy wierzchniej części o złożonych geometrycznie kształtach,
- badania procesu obróbki magnetyczno-ścierniej – których celem była analiza możliwości zastosowania badanego procesu w wygładzaniu trudnodostępnych powierzchni części.
- badania procesu obróbki ścierniej tarczami wielowarstwowymi – której celem była intensyfikacja wydajności procesu szlifowania przy uzyskaniu określonych wartości chropowatości powierzchni,
- badania procesu nakładania powłok – których celem było opracowanie nowych metod umożliwiających osadzanie tytanowej powłoki metalizacyjnej na powierzchni ceramiki,
- opracowanie technologii obróbki strumieniowo – ścierniej stali nierdzewnych, wynik prac wdrożono do przedsiębiorstwa,
- badania procesu obróbki wycinaniem elektroerozyjnym obejmujące: analizę zjawisk fizycznych procesu i ich implikację na dokładność wymiarowo kształtową wycinanych elementów oraz stan warstwy wierzchniej, opracowaniu nowych algorytmów definiowania drogi prowadzenia narzędzia dla systemów CAD/CAM,
- opracowanie technologii wycinania elektroerozyjnego wysokich przedmiotów, wynik prac wdrożono do przedsiębiorstwa,
- opracowanie i analiza modeli matematycznych procesu toczenia.

Poniżej przedstawiono wykaz publikacji po uzyskaniu stopnia doktora niewchodzących w skład osiągnięcia przedstawionego w punkcie 4:

- B1. Chmielewski T., Golański D., Hudycz M., Sałaciński T., Świercz R., 2019: Surface and structural properties of titanium coating deposited onto AlN ceramics substrate by friction surfacing process/ Właściwości powierzchniowe i strukturalne tytanowej powłoki osadzonej tarciovo na podłożu ceramicznym AlN, Przemysł chemiczny, 98/2, pp. 208-213, DOI: 10.15199/62.2019.2.5, ISSN: 0033-2496, punktacja MNiSW (lista A) 15.
- B2. Nowicki R., Świercz R., Kopytowski A., Vagaská A., 2019: Surface texture of Inconel 718 after electrical discharge machining assisted with ultrasonic vibration of a tool electrode, Przegląd spawalnictwa, DOI: <http://dx.doi.org/10.26628/wtr.v91i2.1021>, Vol. 91, 2/2019, punktacja MNiSW (lista B) 9.
- B3. Oniszczyk-Świercz D., Świercz R., Nowicki R., Kopytowski A., Dabrowski L., 2018: Investigation of the influence of process parameters of wire electrical discharge machining using coated brass on the surface roughness of Inconel 718, AIP Conference Proceedings, Vol. 2017, DOI: 10.1063/1.5056283, ISSN: 0094243X.
- B4. Świercz R., Oniszczyk-Świercz D., Chmielewski T., Sałaciński T., 2018: Investigations on surface integrity processed by EDM, METAL 2018 - 27th International Conference on Metallurgy and Materials, Conference Proceedings, pp. 1252-1257, ISBN: 808729484X, punktacja MNiSW (lista B) 15.
- B5. Sałaciński T., Winiarski M., Przesmycki A., Świercz R., Chmielewski T., 2018: Applying titanium coatings on ceramic surfaces by rotating brushes, METAL 2018 - 27th International Conference on Metallurgy and Materials, Conference Proceedings, pp. 1235-1240, ISBN: 978-808729484-0, punktacja MNiSW (lista B) 15.
- B6. Skowrońska B., Szulc J., Chmielewski T., Sałaciński T., Świercz R., 2018: Properties and microstructure of hybride PLASMA+MAG welded joints of thermomechanically treated S700MC steel, METAL 2018 - 27th International Conference on Metallurgy and Materials, Conference Proceedings, pp. 849-854, ISBN: 978-808729484-0, punktacja MNiSW (lista B) 15.
- B7. Sałacinski T., Chmielewski T., Winiarski M., Cacko R., Świercz R., 2018: Roughness of metal surface after finishing using ceramic brush tools, Advances in Materials Science, DOI: 10.1515/adms-2017-0024, ISSN 1730-2439, pp. 20-27, punktacja MNiSW (lista B) 11.
- B8. Nowicki R., Świercz R., Oniszczyk-Świercz D., Dąbrowski L., Kopytowski A., 2018: Influence of machining parameters on surface texture and material removal rate of Inconel 718 after electrical discharge machining assisted with ultrasonic vibration, AIP Conference Proceedings, Vol. 2017, DOI: 10.1063/1.5056282, ISSN: 0094243X, punktacja MNiSW (lista B) 15.
- B9. Świercz R., Oniszczyk-Świercz D., Nowicki R., 2018: Wycinanie elektroerozyjne nadstopów niklu, Mechanik (3/2018), DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.3.36>, pp. 220-222, punktacja MNiSW (lista B) 11.

- B10. Oniszczyk-Świercz, D., Świercz, R., 2017: Surface texture after wire electrical discharge machining, METAL 2017 - 26th International Conference on Metallurgy and Materials, Conference Proceedings, pp. 1400-1405, ISBN: 978-808729479-6, punktacja MNiSW (lista B) 15.
- B11. Salacinski T., Winiarski M., Chmielewski T., Świercz R., 2017: Surface finishing using ceramic fibre brush tools, METAL 2017 - 26th International Conference on Metallurgy and Materials, Conference Proceedings, pp. 1220-1226, ISBN: 978-808729479-6, punktacja MNiSW (lista B) 15.
- B12. Świercz, R., Oniszczyk-Świercz, D., 2017: Obróbka przetłoczno-ścierna nadstopów niklu, Mechanik (10/2017), DOI:<https://doi.org/10.17814/mechanik.2017.10.137>, pp. 888-890, punktacja MNiSW (lista B) 11.
- B13. Świercz R., Zawora J., Dąbrowski L., Marciniak M., 2017: Modyfikacja struktury przestrzennej czynnej powierzchni ściernicy (CPS), Mechanik (10/2017), [doi.org/10.17814/mechanik.2017.10.141](https://doi.org/10.17814/mechanik.2017.10.141), pp. 900—902, punktacja MNiSW (lista B) 11.
- B14. Zawora J., Świercz R., Marciniak M., Dąbrowski L., 2017: Analiza modeli matematycznych procesu toczenia tytanu WT3-1, Mechanik (10/2017), [doi.org/10.17814/mechanik.2017.10.128](https://doi.org/10.17814/mechanik.2017.10.128), pp. 858—860, punktacja MNiSW (lista B) 11.
- B15. Oniszczyk-Świercz D., Świercz R., 2017: Obróbka elektroerozyjna – badanie impulsów elektrycznych napięcia i natężenia prądu, Mechanik (2/2017), pp. 112 – 113, DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2017.2.29>, punktacja MNiSW (lista B) 11.
- B16. Oniszczyk-Świercz D., Świercz R., 2016: Mikrostruktura warstwy wierzchniej stali po obróbce elektroerozyjnej, Mechanik (12/2016), pp. 1782-1784, DOI: [10.17814/mechanik.2016.12.566](https://doi.org/10.17814/mechanik.2016.12.566), punktacja MNiSW (lista B) 11.
- B17. Świercz R., Oniszczyk D., Dąbrowski L., 2016: Mikroobróbka wykończeniowa – obróbka przetłoczno- ścierna, Mechanik (8-9/2016), DOI: [10.17814/mechanik.2016.8-9.283](https://doi.org/10.17814/mechanik.2016.8-9.283), pp. 1132-1133, punktacja MNiSW (lista B) 11.
- B18. Świercz R., Oniszczyk D., Dąbrowski L., 2016: Zastosowanie obróbki przetłoczno-ścierniej w wykańczaniu powierzchni po obróbce elektroerozyjnej, Mechanik (8-9/2016), DOI: [10.17814/mechanik.2016.8-9.280](https://doi.org/10.17814/mechanik.2016.8-9.280), pp. 1126-1127, punktacja MNiSW (lista B) 11.
- B19. Świercz R., Oniszczyk D., Dąbrowski L., Marczak M., 2015: Konstytuowanie warstwy wierzchniej Inconelu 718 po wycinaniu elektroerozyjnym, XII Międzynarodowa Konferencja – Electromachining 2015, Mechanik (4/2015), pp. 71-75, punktacja MNiSW (lista B) 11.
- B20. Świercz R., Oniszczyk D., 2015: Systemy sterowania adaptacyjnego w nowoczesnych obrabiarkach WEDM, Mechanik (12/2015), DOI: [10.17814/mechanik.2015.12.539](https://doi.org/10.17814/mechanik.2015.12.539), pp. 57-62, punktacja MNiSW (lista B) 11.
- B21. Świercz R., Oniszczyk D., 2015: Wpływ parametrów obróbki na stan warstwy wierzchniej elementów po wycinaniu elektroerozyjnym, Mechanik (1/2015), pp. 14-17, punktacja MNiSW (lista B) 11.

- B22. Świercz R., Oniszczyk D., Marczak M., 2015: Wpływ wybranych parametrów mechanicznych na dokładność i chropowatość przedmiotów po obróbce WEDM, *Mechanik* (4/2015), pp. 116-120, punktacja MNiSW (lista B) 11.
- B23. Świercz R., Oniszczyk D., 2015: Wycinanie elektroerozyjne - wpływ zjawisk fizycznych na geometrię obrabianych przedmiotów, *Mechanik* (12/2015), DOI: 10.17814/mechanik.2015.12.538, pp. 51-56, punktacja MNiSW (lista B) 11.
- B24. Świercz R., Dąbrowski L., Marciniak M., 2014: Efektywność technologiczna erozji ścinającej, XXXVII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, *Mechanik* (9/2014), pp. 111-115, punktacja MNiSW (lista B) 7.
- B25. Świercz R., Oniszczyk D., 2014: Parametry i warunki obróbki determinujące proces WEDM, *Mechanik*, pp. 16-18, punktacja MNiSW (lista B) 7.
- B26. Świercz R., Oniszczyk D., 2014: Analiza statystyczna wpływu warunków obróbki na proces EDM, *Mechanik*, pp. 13-15, punktacja MNiSW (lista B) 7.
- B27. Dąbrowski L., Oniszczyk D., Świercz R., 2014: Badania stanu warstwy wierzchniej po wycinaniu elektroerozyjnym WEDM, rozdział w monografii pt.: Modelowanie warstwy wierzchniej, ISBN: 978-83-64249-11-2 pp. 117-130, IBEN Gorzów Wielkopolski, punktacja MNiSW (lista B) 4.
- B28. Świercz R., Oniszczyk D., Dąbrowski L., 2014: Kształtowanie warstwy wierzchniej w procesie wycinania elektroerozyjnego (WEDM), rozdział w monografii pt.: Inżynieria warstwy wierzchniej, ISBN: 978-83-64249-17-4, IBEN Gorzów, punktacja MNiSW (lista B) 4.
- B29. Świercz R., Oniszczyk D., Marczak M., 2014: Polerowanie magnetyczno-ścierne spoin doczołowych elementów rurowych, rozdział w monografii pt.: Inżynieria warstwy wierzchniej, ISBN: 978-83-64249-17-4, IBEN Gorzów, punktacja MNiSW (lista B) 4.
- B30. Dąbrowski L., Oniszczyk D., Świercz R., 2014: Analiza stanu warstwy wierzchniej po obróbce elektroerozyjnej drążeniem wgłębnym EDM, rozdział w monografii pt.: Modelowanie warstwy wierzchniej, pp. 130-142, 978-83-64249-11-2, IBEN Gorzów Wielkopolski, punktacja MNiSW (lista B) 4.
- B31. Świercz R., Oniszczyk D., Dąbrowski L., Marczak M., 2014: Jakość obrobionych powierzchni po obróbce elektroerozyjnej, rozdział w monografii pt.: Inżynieria warstwy wierzchniej, 978-83-64249-17-4, IBEN Gorzów Wielkopolski, punktacja MNiSW (lista B) 4.

## 5.2. Udział w międzynarodowych lub krajowych projektach badawczych oraz współpraca z jednostkami przemysłowymi

W ramach swojej pracy naukowej po uzyskaniu stopnia doktora brałem **udział w 14 projektach badawczych i ekspertyzach dla przemysłu** w tym w **8 pracach byłem kierownikiem**. Prowadzone badania skoncentrowane były głównie na analizie zjawisk fizycznych i ich implikacji na stan warstwy wierzchniej, wydajność usuwania materiału oraz dokładność wymiarowo kształtową w procesach obróbki drążeniem wgłębnym i wycinaniem elektroerozyjnych. Prowadzone prace stanowią opracowanie podstaw technologii obróbek elektroerozyjnych dla zaawansowanych obrabiarek sterowanych numerycznie obejmujących dobór optymalnych parametrów i warunków obróbki dla uzyskania pożądanej dokładności wymiarowo kształtowej, stanu warstwy wierzchniej oraz wydajności usuwania materiału.

**Ważną częścią realizowanych badań stanowiły prace realizowane we współpracy z przemysłem (3 prace) oraz ekspertyzy na zlecenia przemysłu (3 ekspertyzy)**. Istotnym wynikiem prowadzonych prac jest opracowana wdrożona technologia wycinania elektroerozyjnego wysokich przedmiotów. Opracowana technologia umożliwia uzyskanie powtarzalnych dokładności wymiarowo kształtowych wycinanych elementów (odchyłka kształtu poniżej 25  $\mu\text{m}$ ) dla wysokości cięcia 300 mm elektrodą drutową o średnicy 0,25 mm. **Wdrożona technologia** w nowoczesnych maszynach CNC stanowi innowacyjne rozwiązanie w skali krajowej i światowej, które zwiększyło potencjał możliwości wytwórczych i konkurencyjność przedsiębiorstwa.

Istotną częścią opracowanych i **wdrożonych rozwiązań** było opracowanie podstaw technologii obróbki strumieniowo-ścierniej stali nierdzewnych, które zostały zaimplementowane u producenta obrabiarek strumieniowo-ściernych.

Poniżej przedstawiono wykaz udziału w projektach badawczych i ekspertyzach po uzyskaniu stopnia doktora:

1. Pracki M., Perończyk J., Stefko A., Zawora J., Kozak J. Podolak-Lejtas A., Świercz R., „*Analiza i badanie przyczyn nadmiernego zużycia się węzła napędu głównej pompy paliwowej silnika RD-33*”, Wojskowe Zakłady Lotnicze, 2016 – obecnie, **wykonawca**.
2. Świercz R., Oniszczyk - Świercz D., Radziejewska J., Rozenek M., Zawora J., Podolak-Lejtas A., *Obróbka elektroerozyjna materiałów trudnoobrabialnych*, 2018, Politechnika Warszawska, **kierownik, wykonawca**.
3. Świercz R., Oniszczyk - Świercz D., Radziejewska J., Rozenek M., Zawora J., Podolak-Lejtas A. Nowicki R., *Obróbka elektroerozyjna nadstopów niklu*, 2017, Politechnika Warszawska, **kierownik, wykonawca**.
4. Świercz R., Oniszczyk - Świercz D., Marczak M., Łukasiewicz A., *Obróbka elektroerozyjna Inconelu 718 C z zastosowaniem płatków grafenowych w dielektryku*, 2017, Politechnika Warszawska, **kierownik, wykonawca**.
5. Świercz R., Oniszczyk-Świercz D., *Opracowanie technologii wycinania elektroerozyjnego otworów o przekroju kwadratowym w przedmiotach o wysokości w zakresie 200 – 300 mm z dokładnością kształtu poniżej 24  $\mu\text{m}$* , 2016, MG SYSTEM – **kierownik pracy**.

6. Świercz R., Oniszczyk-Świercz D., Dąbrowski L., 2016, *Analiza przyczyn nadmiernego zużycia elektrody roboczej podczas drążenia stali HTCS150*, WadimPlast - **kierownik pracy**.
7. Świercz R., Oniszczyk - Świercz D., Marczak M., Łukasiewicz A., *Obróbka elektroerozyjna z zastosowaniem płatków grafenowych w dielektryku*, 2016, Politechnika Warszawska, **kierownik, wykonawca**.
8. Marczak M., Świercz R., Oniszczyk - Świercz D., *Opracowanie technologii polerowania magnetyczno-ściernego w zastosowaniu do form wtryskowych*, 2016, Politechnika Warszawska, **wykonawca**.
9. Świercz R., Oniszczyk - Świercz D., Marczak M., *Zastosowanie kompozytu grafen-miedź i pokryć grafenowych na elektrody robocze w obróbce elektroerozyjnej*, 2015, Politechnika Warszawska, **kierownik, wykonawca**.
10. Świercz R., Oniszczyk-Świercz D., Rozenek M. *Opracowanie technologii wycinania elektroerozyjnego otworów cylindrycznych w przedmiotach o wysokości w zakresie 200-300 mm z dokładnością kształtu poniżej 25  $\mu\text{m}$* , 2015, GST Investments Sp. z o.o. – **kierownik pracy**.
11. Rozenek M., Lechniak Z., Świercz R., Oniszczyk - Świercz D., Zawora J., Marczak M., *Zaawansowane systemy CAD/CAM. Konstruowanie toru narzędzia obróbkowego i budowa postprocesorów dla systemu NX CAD/CAM/CAE w oparciu o język grip w obróbce powierzchni prostokreślnych metodą WEDM*, 2015, Politechnika Warszawska, **wykonawca**.
12. Rozenek M., Lechniak Z., Świercz R., Oniszczyk - Świercz D., *Badanie przydatności nowego systemu CAD/CAM CREO do opisu prowadzenia wieloosiowego elektrody drutowej w obróbce powierzchni prostokreślnych*, 2014, Politechnika Warszawska, **wykonawca**.
13. Świercz R., Oniszczyk - Świercz D., Marczak M., *Obróbka elektroerozyjna materiałów o wysokiej przewodności cieplnej*, 2014, Politechnika Warszawska, **kierownik, wykonawca**.
14. Świercz R., Dąbrowski L., Marciniak M., Oniszczyk D., Horszczaruk P., *Analiza wyników badań obróbki strumieniowo - ściernej*, 2014, Matt-blast – **kierownik pracy (ekspertyza)**

### 5.3. Prezentacja wykładów i komunikatów na międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych

Podczas pracy w Politechnice Warszawskiej wykazywałem aktywne uczestnictwo w konferencjach, sympozjach i seminariach.

Dorobek obejmuje moje autorstwo i współautorstwo **24 wystąpień na konferencjach o zasięgu międzynarodowym i krajowym**, w tym, przed uzyskaniem stopnia doktora – 5 wystąpień, po uzyskaniu stopnia doktora - 19 wystąpień, w tym 7 międzynarodowych.



Szczegółowy wykaz prezentowanych referatów przedstawiono poniżej:

1. Świerz R., 2019, wygłoszenie referatu pt.: *Optymalizacja obróbki elektroerozyjnej materiałów trudnoobrabialnych*, Posiedzenie Sekcji Technologii Komitetu Budowy Maszyn, Warszawa PW.
2. Świerz R., Oniszczyk-Świerz D., Chmielewski T., Sałaciński, T., 2018, wygłoszenie referatu pt.: *Investigations on surface integrity processed by EDM*, 27th International Conference on Metallurgy and Materials (METAL), Brno, Czechy.
3. Świerz R., Oniszczyk-Świerz D., Dąbrowski L., Zawora J., 2018, wygłoszenie referatu pt.: *Optimization of machining parameters of electrical discharge machining tool steel 1.2713*, XIII International Conference Electromachining 2018, Bydgoszcz.
4. Świerz R., 2018, wygłoszenie referatu pt.: *Electrical discharge machining using powder mixed dielectric*, XIII International Conference Electromachining 2018, Bydgoszcz.
5. Świerz R., Oniszczyk-Świerz D., Dąbrowski L., 2018, wygłoszenie referatu pt.: *Electrical discharge machining of difficult to cut materials*, Przemysł 4.0, Nowy Sącz.
6. Świerz R., Oniszczyk-Świerz D., 2018, wygłoszenie referatu pt.: *Investigation on surface integrity after electrical discharge machining*, 7th International Workshop on Surface Engineering in Komárno, Słowacja.
7. Świerz R., 2018, wygłoszenie referatu pt.: *Zastosowanie obróbki przetłoczno-ścierniej w wykańczaniu powierzchni po obróbce elektroerozyjnej*, Szkoła Naukowa Obróbek Erozyjnych – Warszawa PW.
8. Świerz R., Oniszczyk-Świerz D., 2017, wygłoszenie referatu pt.: *Obróbka przetłoczno-ścierna nadstopów niklu*, Naukowa Szkoła Szkoły Obróbki Ściernej – Łańcut.
9. Świerz R., 2017, wygłoszenie referatu pt.: *Obróbka elektroerozyjna z zastosowaniem płatków grafenowych w dielektryku*, Szkoła Naukowa Obróbek Erozyjnych – Warszawa PW.
10. Świerz R., Oniszczyk-Świerz D., 2017, wygłoszenie referatu pt.: *Surface texture after wire electrical discharge machining*, 26th International Conference on Metallurgy and Materials (METAL), Brno, Czechy.
11. Świerz R., 2017, wygłoszenie referatu pt.: *Obróbki ściernie i erozyjne w zastosowaniach przemysłowych*, Szkoła Naukowa Obróbek Erozyjnych – Warszawa PW.
12. Świerz R., Oniszczyk-Świerz D., 2017, wygłoszenie referatu pt.: *Influence of electrical discharge pulse energy on the surface integrity of tool steel 1.2713*, 26th International Conference on Metallurgy and Materials (METAL), Brno, Czechy.
13. Świerz R., 2017, wygłoszenie referatu pt.: *Praktyczne aspekty obróbek elektroerozyjnych i ściernych*, Targi Kielce.
14. Świerz R., Oniszczyk D., Dąbrowski L., 2016, wygłoszenie referatu pt.: *Zastosowanie obróbki przetłoczno-ścierniej w wykańczaniu powierzchni po obróbce elektroerozyjnej*, XXXIX Naukowa Szkoła Szkoły Obróbki Ściernej – Łańcut.

15. Świercz R., Oniszczyk-Świercz D., Dąbrowski L., 2015, wygłoszenie referatu pt.: *Struktura metalograficzna po obróbce EDM stali HTCS 150*, Konferencja międzynarodowa Electromachining 15 – Rydzyna.
16. Świercz R., Oniszczyk-Świercz D., Marczak M., 2015, wygłoszenie referatu pt.: *Topografia powierzchni po obróbce EDM stali HTCS 150*, Konferencja międzynarodowa Electromachining 15 – Rydzyna.
17. Świercz R., 2015, wygłoszenie referatu pt.: *Grafen - kierunki rozwoju, zastosowanie*, Szkoła Naukowa Obróbek Erozyjnych – Warszawa PW.
18. Świercz R., 2014, wygłoszenie referatu pt.: *Analiza statystyczna wpływu warunków obróbki na proces EDM*, Szkoła Naukowa Obróbek Erozyjnych – Warszawa PW.
19. Świercz R., 2013 wygłoszenie referatu pt.: *Kształtowanie stereometrii powierzchni w obróbce elektroerozyjnej EDM*, Szkoła Naukowa Obróbek Erozyjnych – Warszawa PW.
20. Świercz R., Dąbrowski L., Zawora J., 2012, wygłoszenie referatu pt.: *Struktura geometryczna powierzchni po obróbce elektroerozyjnej elektrodą grafitową i miedzianą – porównanie*, XII Konferencja międzynarodowa Electromachining, Bydgoszcz – Pieczęta.
21. Świercz R., Dąbrowski L., 2012, wygłoszenie referatu pt.: *Struktura metalograficzna powierzchni po obróbce elektroerozyjnej*, XII Konferencja międzynarodowa Electromachining, Bydgoszcz – Pieczęta.
22. Świercz R., 2012, wygłoszenie referatu pt.: *Topografia powierzchni i struktura metalograficzna po obróbce elektroerozyjnej*, Szkoła Naukowa Obróbek Erozyjnych – Warszawa PW.
23. Świercz R., 2011, wygłoszenie referatu pt.: *Badania struktury wierzchniej po obróbce elektroerozyjnej EDM*, Szkoła Naukowa Obróbek Erozyjnych – Warszawa PW.
24. Świercz R., 2010, wygłoszenie referatu pt.: *Charakterystyka warstwy wierzchniej po obróbce EDM*, Szkoła Naukowa Obróbek Erozyjnych – Warszawa PW.

#### **5.4 Informacja o współpracy z instytucjami organizacjami i towarzystwami naukowymi w kraju i zagranicą oraz jednostkami przemysłowymi**

W trakcie mojej dotychczasowej pracy w Politechnice Warszawskiej współpracuję z towarzystwami naukowymi krajowymi i zagranicznymi, które umożliwiły mi prezentację wyników badań oraz ich konfrontację w środowisku naukowym reprezentującym różne dziedziny nauki.

Jestem członkiem lub ekspertem następujących organizacji naukowych:

1. *Sekcja Technologii Komitetu Budowy Maszyn Polskiej Akademii Nauk*, 2017 - obecnie, **ekspert**.
2. *Komisja Inżynierii Powierzchni Polskiej Akademii Nauk oddział w Poznaniu*, kadencja 2015 – 2018, 2019 - 2022, **członek**
3. *Central European Exchange Program for University Studies*, od 2016 członek sieci

- CIII-PL-0033-13-1718 - Development of mechanical engineering (design, technology and production management) as an essential base for progress in the area of small and medium companies' logistics - research, preparation and implementation of joint programs of study.
- CIII-PL-0701-06-1718 - Engineering as Communication Language in Europe.

Ważną częścią mojej pracy jest współpraca naukowo – badawcza z firmami produkcyjnymi dotycząca opracowania nowych technologii, które mogą być wdrożone w oferowanych obrabiarkach. Istotne są również spotkania na sympozjach przemysłowych, gdzie prezentowane przeze mnie nowe rozwiązania technologiczne w zakresie obróbek wykańczających i erozyjnych spotykają się z odpowiedzią środowiska z wieloletnim stażem przemysłowym.

Obecnie współpracuję z następującymi jednostkami przemysłowymi:

1. Fabryka Narzędzi **FANAR S.A.**, ul. Płocka 11, 06-400 Ciechanów. (od 2018 - obecnie). Współpraca przy opracowaniu nowych technologii obróbek wykończeniowych przy produkcji narzędzi skrawających.
2. **AVALON** Zakład Mechaniki Maszyn Wojciech Gibuła. Ul. Grunwaldzka 38, 84-351, Nowa Wieś Lęborska. (od 2018 - obecnie). Współpraca przy opracowaniu technologii obróbki wykończeniowej w wykładarkach pojemnikowych produkowanych przez firmę AVALON.
3. **MATT** Maciej Stachulski, ul. Dobra 2, 96-313 Jaktorów-Kolonia (od 2016 - obecnie). Współpraca w opracowaniu nowych technologii z zakresu obróbek strumieniowo – ściernych, które mogą zostać zaimplementowane w produkowanych przez firmę MATT obrabiarkach.
4. **Wojskowe Zakłady Lotnicze** Nr 1 S.A. w Dęblinie, ul Lotników Polskich 4. (od 2015 – obecnie). Opracowanie technologii elektroerozyjnego wykonywania otworów chłodzących w łopatkach silników lotniczych.
5. **Abplanalp Sp. z o.o.**, ul. Kostrzyńska 36, 02-979 Warszawa (od 2015 – obecnie). Współpraca w ramach: Keller Centrum Szkoleniowe CNC, Esprit CAD/CAM Software, HATEC – Centrum Edukacji Technicznej Haas, współudział w szkoleniach i sympozjach skierowanych do odbiorców przemysłowych.
6. **GF Machining Solutions Sp. z o.o.**, Aleja Krakowska 81, Sękocin Nowy, 05-090 Raszyn /Warszawa, (od 2015 – obecnie). Współpraca w ramach: Competence Center GF AgieCharmilles, współudział w szkoleniach, sympozjach skierowanych do odbiorców przemysłowych.

W ramach kierowania Zakładem Obróbek Wykańczających i Erozyjnych oraz Warsztatem Doświadczalnym wyposażonym w szereg zawansowanych obrabiarek sterowanych numerycznie utrzymuję ciągłą współpracę ze średnimi i małymi przedsiębiorstwami w zakresie opracowania technologii i wykonania zaawansowanych geometrycznie części i narzędzi dla różnych gałęzi przemysłu.

### 5.5. Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową

Podczas dotychczasowej pracy na Politechnice Warszawskiej za osiągnięcia naukowe otrzymałem nagrody zespołowe i indywidualne przedstawione poniżej:

1. Nagroda Rektora za osiągnięcia naukowe, 2018, Politechnika Warszawska, ***Nagroda stopnia III za osiągnięcia naukowe w latach 2016-2017.***
2. ***List gratulacyjny Dziekana Wydziału Inżynierii Produkcji PW*** za uzyskanie wybitnych osiągnięć w zakresie działalności naukowej w okresie 2015 - 2016.
3. Nagroda Rektora za osiągnięcia naukowe, 2014, Politechnika Warszawska, ***Nagroda Rektora za indywidualne osiągnięcia naukowe III stopnia.***
4. Stypendium Mazovia, 2013, stypendium i udzielenie wsparcia towarzyszącego w ramach projektu systemowego Samorządu Województwa Mazowieckiego pn. *Potencjał naukowy wsparciem dla gospodarki Mazowsza – stypendia dla najlepszych doktorantów w Województwie Mazowieckim.*

### 5.6. Recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych

Wykonałem **16 recenzji** w czasopismach międzynarodowych w tym :

1. Micromachines, Wydawnictwo MDPI, **IF: 2.222**, 2019 - 2 recenzje,
2. Materials, Wydawnictwo MDPI, **IF: 2.467**, 2019 - 2 recenzje,
3. Metals, Wydawnictwo MDPI, **IF: 1.704**, 2019 - 1 recenzja,
4. Applied Sciences, Wydawnictwo MDPI, **IF: 1.689**, 2019 - 2 recenzje,
5. Technologies, Wydawnictwo MDPI, 2019 - 1 recenzja,
6. Transactions of FAMENA, Wydawnictwo Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, **IF: 0.797**, 2019 - 1 recenzja,
7. MethodsX, Wydawnictwo Elsevier, 2019 – 1 recenzja,
8. Measurement, Wydawnictwo Elsevier, **IF:2.18**, 2018, 2019 - 3 recenzje,
9. Transportation Research Procedia, Wydawnictwo Elsevier, 2019 - 1 recenzja,
10. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, Wydawnictwo Springer, **IF: 1.627**, 2018 - 1 recenzja,
11. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MSE), Wydawnictwo Institute of Physics Publishing service, 2018 - 1 recenzja.

### 5.7. Patenty, zgłoszenia patentowe

Prowadzone badania nad procesem obróbki elektroerozyjnej z zastosowaniem płatków grafenowych w dielektryku, których celem była poprawa cech warstwy wierzchniej i wydajności usuwania materiału były podstawą opracowania zgłoszenia patentowego, którego jestem współautorem: „Sposób obróbki elektroerozyjnej z zastosowaniem płatków grafenowych w dielektryku”(Autorzy: R. Świercz, D. Oniszczyk-Świercz, 2016 r.).

## 6. Charakterystyka działalności dydaktycznej i organizacyjnej

### 6.1. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych

W ramach działalności dydaktycznej prowadziłem lub/i **prowadzę wykłady, laboratoria i projekty na 3 Wydziałach Politechniki Warszawskiej**: Inżynierii Produkcji (WIP), Mechaniki Energetyki i Lotnictwa (MEiL) oraz Mechatroniki. Na wydziale WIP prowadzę zajęcia dydaktyczne na 3 kierunkach, tj. Mechanika i Budowa Maszyn (MiBM), Zarządzanie i Inżynieria Produkcji (ZIP), Automatyka i Robotyka (AiR). Na wydziale MEiL prowadzę zajęcia na dwóch kierunkach, tj. Lotnictwo i Kosmonautyka (LiK), Mechanika i Budowa Maszyn (MiBM) a na Wydziale Mechatroniki dla kierunku Mechanika i Budowa Maszyn (MiBM).

Główny obszar tematyki prowadzonych zajęć dotyczy technik wytwarzania, technologii niekonwencjonalnych oraz systemów CAD/CAM/CAE. Na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych I i II stopnia prowadziłem zajęcia zarówno w języku polskim jak i angielskim z następujących przedmiotów:

- Komputerowa Integracja Wytwarzania,
- Zintegrowane Systemy Wytwarzania,
- Techniki Wytwarzania 2,
- Technologia Maszyn,
- Technologie Niekonwencjonalne,
- Metrologia,
- Skomputeryzowane Systemy Pomiarowe,
- Obróbka Ścierna i Erozyjna,
- Manufacturing Technology,
- ProEngineer.

W 2018 roku opracowałem nowe programy dla przedmiotów prowadzonych na studiach magisterskich (3 nowe programy) oraz inżynierskich (5 nowych programów):

Studia magisterskie:

- Komputerowa integracja wytwarzania,
- Systemy CAM w obróbkach erozyjnych,
- Technologia obróbek wykończeniowych i erozyjnych.

Studia inżynierskie:

- Obróbka ścierna i erozyjna,
- Systemy komputerowego wspomaganie wytwarzania (CAM),
- Systemy komputerowe wspomaganie projektowania (CAD),
- Technologie wytwarzania w systemach CAM,
- Maszyny i urządzenia do obróbek wykańczających i erozyjnych.

**Obecnie jestem kierownikiem 11 przedmiotów, dla których opracowałem treści wykładowe dotyczące omówienia najnowszych technologii z zakresu projektowania i wytwarzania w zaawansowanych systemach CAD/CAM/CAE, zagadnień inżynierii**

## **odwrotnej, szybkiego projektowania i wytwarzania, nowoczesnych systemów pomiarowych, przemysłu 4.0.**

Ponadto opracowałem materiały dydaktyczne i pomoce do zajęć z przedmiotów: Techniki Wytwarzania 2, Komputerowa Integracja Wytwarzania, Zintegrowane Systemy Wytwarzania, Technologia Maszyn, Technologie Niekonwencjonalne.

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych w latach 2013 – 2019 **sprawowałem opiekę naukową w charakterze promotora prac dyplomowych 41 studentów** Wydziału Inżynierii Produkcji (19 prac dyplomowych inżynierskich oraz 22 prace dyplomowe magisterskie). W ramach studiów podyplomowych pt. *Projektowanie w systemach CAD/CAM oraz programowanie obrabiarek*, **byłem promotorem 7 prac dyplomowych** w latach 2016 – 2019.

Od 2019 roku pełnię również opiekę naukową w charakterze **promotora pomocniczego** mgr inż. Łukasza Sosinowskiego w przewodzie doktorskim pt.: *Wysokowydajne drążenie małych otworów w węglkach spiekanych*. **Od 2018 roku sprawuję opiekę pomocniczą dla 2 doktorantów z Wydziału Inżynierii Produkcji oraz 1 doktoranta z Wydziału Inżynierii Materiałowej.**

Od 2016 roku jestem koordynatorem w 2 programach CEEPUS wymiany studentów i nauczycieli akademickich. W ramach programu CEEPUS byłem opiekunem wizyt naukowych i dydaktycznych nauczycieli:

- Mr.sc Venera Kendusi, Kosowo, 18.03.2019 - 25.03.2019,
- Phd. Laura Naka, Kosowo, 18.03.2019 - 25.03.2019,
- prof. Krisztina Uzuneanu, Rumunia, 22.10.2018 - 16.11.2018,
- prof. Minodora Ripa, Rumunia, 14.05.2018 - 19.05.2018,
- PhD Grigor Stambolov, Bułgaria, 05.11.2018 - 16.11.2018,
- Phd. Alena Vagaska, Słowacja, 14.05.2018 – 19.05.2018,
- prof. Peter Pavol Monka, Czechy, 01.06.2017 - 30.06.2017.

Od 2018 roku jestem członkiem Wydziałowej Komisji ds. opracowania nowego programu studiów II stopnia na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn.

## **6.2. Działalność organizacyjna i popularyzacja nauki**

W 2016 roku, decyzją Dyrektora Instytutu Technik Wytwarzania Politechniki Warszawskiej, zostałem powołany na stanowisko **pełniącego obowiązki kierownika Zakładu Obróbek Wykańczających i Erozyjnych**. W ramach pełnionych obowiązków zajmuję się między innymi zarządzaniem profilem naukowym i dydaktycznym Zakładu, animowaniem działalności naukowej Zakładu oraz organizacją zajęć dydaktycznych realizowanych w Zakładzie.

Istotną częścią mojej działalności organizacyjnej jest stała współpraca z licznymi przedsiębiorstwami, których efektem jest dostarczenie do Zakładu Obróbek Wykańczających i Erozyjnych i udostępnienie do działalności naukowej i dydaktycznej zawansowanych obrabiarek sterowanych numerycznie.

Ważną częścią działalności organizacyjnej jest również kierowanie pracą Warsztatu Doświadczalnego będącego w dyspozycji Zakładu Obróbek Wykańczających i Erozyjnych

wyposażonego w szereg zawansowanych maszyn i urządzeń sterowanych numerycznie. Opracowałem i wdrożyłem procedury przyjmowania zleceń zewnętrznych i wewnętrznych realizowanych na urządzeniach i obrabiarkach CNC, sprawuję stały nadzór nad przyjmowaniem ofert i realizacją zleceń jak również jestem wykonawcą zawansowanych prac.

Istotną częścią działalności organizacyjnej jest również sprawowanie opieki nad studentami realizującymi praktyki dyplomowe w Warsztacie Doświadczalnym będącego w dyspozycji Zakładu Obróbek Wykańczających i Erozyjnych. Opracowałem plan realizowanych praktyk, w których główny nacisk kładziony jest na szkolenie z obsługi i programowania obrabiarek sterowanych numerycznie oraz obrabiarek konwencjonalnych stosowanych w technologii obróbki skrawaniem, ściernej i erozyjnej.

Moja działalność organizacyjna obejmuje liczne przedsięwzięcia mające na celu popularyzację nauki. Aktywnie uczestniczyłem w organizacji konferencji krajowych i zagranicznych:

1. *Posiedzenie Sekcji Technologii Komitetu Budowy Maszyn Polskiej Akademii Nauk*, 2019, Politechnika Warszawska, Warszawa, **organizator**.
2. *Posiedzenie Komisji Inżynierii Powierzchni Polskiej Akademii Nauk oddział w Poznaniu*, 2018, Politechnika Warszawska, Warszawa, **organizator**.
3. *XIII Międzynarodowa Konferencja ELECTROMACHINING*, 2018, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, **członek komitetu organizacyjnego**.
4. *7th International Workshop on Surface Engineering*, 2018, J. Selye University, Komárno, Słowacja, **członek komitetu organizacyjnego**.
5. *Szkoła Naukowa Obróbek Erozyjnych*, 2013 – 2015 (sekretarz), 2017 – obecnie **przewodniczący**, zorganizowałem 7 Szkół Naukowych Obróbek Erozyjnych)

Jestem również członkiem komitetu redakcyjnego czasopisma:

1. *Journal of Manufacturing Technologies*, 2016 - obecnie, Institute of Manufacturing Technologies, Faculty of Production Engineering, Warsaw University of Technology, **redaktor działowy**.

Moja praca na rzecz Politechniki Warszawskiej przejawia się również w organizacji i koordynowaniu szkoleń i prac oferowanych w ramach Bazy Usług Rozwojowych Polskiej Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości. Opracowałem procedury zapewnienia jakości kształcenia dla oferowanych szkoleń i prac, które uzyskały pozytywną opinię zewnętrznych audytorów, umożliwiając tym samym oferowanie szkoleń przez Politechnikę Warszawską z możliwością dofinansowania ze środków Unii Europejskiej. Opracowałem program 80 h szkolenia z zakresu programowania i obsługi obrabiarek elektroerozyjnych, które oferowane jest w ramach Bazy Usług Rozwojowych. Ewaluacja prowadzonego szkolenia przez zewnętrznych audytorów, potwierdziła wysoki poziom merytoryczny oraz organizacyjny prowadzonych zajęć.

**7. Kursy, szkolenia, staże**

Lp.	Data	Rodzaj	Nazwa	Czas trwania	Organizator
1.	16.09 – 19.10.2015	Kurs	Kurs z zakresu opracowania publikacji naukowych	1 miesiąc	Springer
2.	16-20.04. 2014	szkolenie	Wyjazd w celu zapoznania się z najnowszymi rozwiązaniami w konstrukcji obrabiarek CNC – drążarek, frezarek, zapoznanie z nowymi technologiami w obróbce elektroerozyjnej	5 dni	Ingresoll, Burbach Niemcy
3.	11 - 13.02.2013	kurs	Kurs z zakresu obsługi i programowania obrabiarek Mikron VCP600 i Mikron VCE600Pro	3 dni	GF AgieCharmilles
4.	29.04 - 30.05.2013	Kurs	Prawo własności intelektualnej, regulacje prawne oraz procedury uzyskania ochrony patentowej	1 miesiąc	Samorząd Województwa Mazowieckiego
5.	14.02 - 14.03.2013	Kurs	Zakładanie spółek odpryskowych (spin-off i spin-out) i zasady współpracy tych podmiotów z uczelniami	1 miesiąc	Samorząd Województwa Mazowieckiego
6.	04.04– 20.06.2012	Kurs	Techniki multimedialne w dydaktyce	2 miesiące	Politechnika Warszawska
7.	13.04.2012	Kurs	Oprogramowanie Ansys. Wprowadzenie	1 dzień	SymKom
8.	1.08 – 30.09. 2011	Staż naukowy	Analiza możliwości wdrożenia opracowanych rozwiązań technologii obróbki elektroerozyjnej	2 miesiące	GF AgieCharmilles
9.	24 - 28.11.2011	kurs	Programowanie i obsługa tokarki ST-30	5 dni	Abplanalp Consulting
10.	17 - 21.11.2011	kurs	Programowanie i obsługa centrum frezerskiego VF-2	5 dni	Abplanalp Consulting
11.	12 - 14.11.2011	kurs	Zasady działania i pracy w systemie wspomagania sprzedaży CRM	3 dni	Abplanalp Consulting
12.	31.05.2010	szkolenie	Szkolenie z zakresu obsługi obrabiarki elektroerozyjnej Robofil Fi 440	1 dzień	GF AgieCharmilles
13.	11 - 15.10.2010	szkolenie	Wyjazd w ramach grantu KBN do Szwajcarii do firmy Erowa w celu zapoznania się z najnowszymi systemami oprzyrządowania obrabiarek i automatyzacji produkcji	5 dni	EROWA



## 8. Syntetyczne zestawienie wskaźników dorobku naukowego

Tabela 1. Wskaźniki oceny dorobku naukowego – analiza cytowań

<b>Wskaźniki dorobku naukowego – analiza cytowań</b>			
Źródło danych	Web of Science (WoS)	Scopus	Google scholar
Liczba cytowań	22	58	129
Indeks Hirscha, h	3	4	7
Liczba publikacji w bazie	10	15	59
Sumaryczny Impact Factor (według JCR): <b>IF = 10,296</b>			

Tabela 2. Wskaźniki oceny dorobku naukowego - punktacja

<b>Wskaźniki oceny dorobku naukowego - punktacja</b>		
	Punktacja MNiSW	Impact Factor IF
Przed doktoratem	49	0
Dla <b>publikacji</b> stanowiących podstawę postępowania <b>habilitacyjnego</b>	<b>251</b>	<b>9,897</b>
Dla publikacji pozostałych, nie stanowiących podstawy postępowania habilitacyjnego (po doktoracie)	294	0,399
<b>Suma po uzyskaniu stopnia doktora</b>	<b>545</b>	<b>10,296</b>

Tabela 3. Zestawienie osiągnięć naukowo-badawczych przed i po doktoracie

Lp.	Wykaz osiągnięć	Przed doktoratem	Po doktoracie	Suma
1.	Publikacje wyróżnione w Journal Citation Report (JCR), posiadające współczynnik wpływu Impact Factor (IF), wymienionych w części A wykazu MNiSW	-	5	5
2.	Publikacje w czasopismach nie posiadające współczynnika wpływu Impact Factor (IF), wymienione w części B wykazu MNiSW	13	25	38
3.	Publikacje w czasopismach krajowych lub zagranicznych spoza wykazu MNiSW	6	-	6
4.	Monografie lub rozdziały w monografiach	-	6	6
5.	Publikacje naukowe w materiałach konferencyjnych indeksowanych w WoS	-	6	6
6.	Publikacje naukowe w materiałach konferencyjnych nie indeksowanych w WoS	-	4	4
7.	Udział w opracowaniu prac badawczych i ekspertyz	9	14	23
<b>Udział w konferencjach naukowych</b>				
Konferencje	krajowe	4	9	13
	międzynarodowe	1	7	8
	zagraniczne	-	3	3
Razem konferencje		5	19	24
Udział w projektach badawczych		8	11	20
Staże w ośrodkach naukowych i akademickich oraz przemysłowych		1	-	1
Szkolenia i kursy w ośrodkach naukowych i akademickich oraz przemysłowych		11	2	13
Wykonanie ekspertyz lub innych opracowań przygotowanych na zamówienie przedsiębiorców, organizacji gospodarczych		1	2	3
Recenzje w czasopismach krajowych lub zagranicznych		-	16	16
Uczestnictwo w programach europejskich oraz innych programach międzynarodowych i krajowych		-	2	2

Moje osiągnięcia zgodnie z wymogami Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 roku w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego (Dz.U. Nr 196, poz. 1165), zestawilem w tabeli 4.

Tabela 4. Wykaz osiągnięć po uzyskaniu stopnia doktora

Kryterium według §3 p.4, §4 i §5 Rozporządzenia	Wypełnienie kryterium (tak/nie i liczba)
Publikacje naukowe w czasopismach z bazy Journal Citation Reports (JCR)	TAK/5
Udzielone patenty/zgłoszenia patentowe	TAK/-/1
Monografie, publikacje naukowe w czasopismach innych niż znajdujące się w bazie JCR	TAK/31
Opracowania zbiorowe, katalogi zbiorów, dokumentacja prac badawczych, ekspertyz	TAK/16
Sumaryczny <i>impact factor</i> według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania:	10,296
Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS):	22
Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS)	3
kierowanie międzynarodowymi lub krajowymi projektami badawczymi lub udział w takich projektach	TAK/14
Międzynarodowe lub krajowe nagrody za działalność odpowiednio naukową albo artystyczną	TAK/3
Wygłoszenie referatów na międzynarodowych lub krajowych konferencjach tematycznych.	TAK/24
Uczestnictwo w programach europejskich i innych programach międzynarodowych lub krajowych;	TAK/2
Udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych	TAK/11
Udział w konsorcjach i sieciach badawczych	TAK/2
Kierowanie projektami realizowanymi we współpracy z naukowcami z innych ośrodków polskich i zagranicznych oraz we współpracy z przedsiębiorcami	TAK/2
Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism	TAK/1
Członkostwo w międzynarodowych i krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych	TAK/3
Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki	TAK/5
Opieka naukowa nad studentami	TAK/45
Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze, promotora pomocniczego	TAK/1
Wykonane ekspertyzy lub inne opracowania na zamówienie	TAK/2
Recenzowanie publikacji w czasopismach: międzynarodowych	TAK/16

