

1. Imię i nazwisko.

Iwona Anna Pełech (nazwisko panieńskie Kucharewicz)

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

2002 – 2007

uzyskany tytuł doktora w dziedzinie nauk technicznych

Nazwa jednostki: Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej

Dyscyplina: technologia chemiczna

Specjalność: technologia nieorganiczna

Tytuł pracy: „Badanie procesu nawęglania nanokrystalicznego żelaza węglowodorami”. Praca wyróżniona przez Radę Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Szczecińskiej w dniu 17. 12. 2007, a także w konkursie na innowacyjną pracę doktorską zorganizowanym przez Regionalne Centrum Innowacji i Transferu Technologii oraz Polską Fundację Przedsiębiorczości.

1997 – 2002

uzyskany tytuł magistra inżyniera

nazwa jednostki: Politechnika Szczecińska, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej

Tytuł pracy: „Kinetyka nawęglania katalizatora żelazowego etanem i etylenem”

2003

Dyplom w zakresie Marketingu i Strategii Marketingowych wydany przez Agencję Rozwoju Gospodarczego z siedzibą w Poznaniu

Studium Marketingowego Zarządzania Przedsiębiorstwem, Agencja Rozwoju Gospodarczego

Tematyka: Studium obejmujące zagadnienia z dziedziny marketingu i zarządzania

2000 – 2001

Dyplom ukończenia Studium Pedagogicznego

Studium Pedagogiczne, Instytut Ekonomii i Zarządzania, Politechnika Szczecińska
Tematyka: Studium pedagogiczne obejmujące zagadnienia z dziedziny pedagogiki, psychologii, dydaktyki oraz praktyki pedagogiczne.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/ artystycznych.

od 1 lutego 2014 do teraz

Nazwa i adres pracodawcy Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej
stanowisko Pełnomocnik Dziekana ds. Współpracy Dydaktycznej z Zagranicą

od 5 września 2009 do teraz

Nazwa i adres pracodawcy Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, Instytut Technologii Chemicznej Nieorganicznej i Inżynierii Środowiska
Rodzaj wykonywanej pracy pracownik naukowo-dydaktyczny
stanowisko adiunkt

od 1 lutego 2012 do 1 lutego 2013

Nazwa i adres pracodawcy Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Chemical Engineering Department
Rodzaj wykonywanej pracy główny wykonawca projektu FCT grant SFRH/BPD/71559/2010 finansowanego przez Fundação para a Ciência e a Tecnologia, tytuł projektu: "Investigation of the active sites of carbon catalysts in the oxidative dehydrogenation of hydrocarbons"
stanowisko postdoctoral researcher

od 1 października 2007 do 5 września 2009

Nazwa i adres pracodawcy Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, Instytut Technologii Chemicznej Nieorganicznej i Inżynierii Środowiska
Rodzaj wykonywanej pracy pracownik naukowo-dydaktyczny
stanowisko asystent

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. nr 65, poz. 595 ze zm.):**

a. **Tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego**

Otrzymywanie, modyfikacja oraz przykłady zastosowań nanomateriałów węglowych

b. **Autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania nazwa wydawnictwa**

- H1. **I. Pelech**, 2010, Preparation of carbon nanotubes using CVD method, Polish Journal of Chemical Technology, 13 (3), 45-49.
- H2. U. Narkiewicz, M. Podsiadly, R. Jedrzejewski, **I. Pelech**, 2010, Catalytic decomposition of hydrocarbons on cobalt, nickel and iron catalysts to obtain carbon nanomaterials, Applied Catalysis A: General, 384, 27-35.
- H3. **I. Pelech**, U. Narkiewicz, A. Kaczmarek, A. Jędrzejewska, 2014, Preparation and characterization of multi-walled carbon nanotubes grown on transition metal catalysts, Polish Journal of Chemical Technology, 16 (1) 117-122.
- H4. **I. Pelech**, 2013, The influence of hydrogen treatment on removal degree of iron particles from CNTs, Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures, 21, 140-148.
- H5. **I. Pelech**, U. Narkiewicz, 2011, Comparison Studies between Hydrogenation and Oxidation of MWNTs Followed by Acid Treatment, Journal of Nanoscience and Nanotechnology, 11 7926-7930.
- H6. **I. Pelech**, K. Owodzin, U. Narkiewicz, 2012, Microwave-Assisted Acid Digestion Method for Purification of Carbon Nanotubes, Fullerenes, Nanotubes, and Carbon Nanostructures, 20, 439-443.
- H7. **I. Pelech**, U. Narkiewicz, A. Kaczmarek, A. Jędrzejewska, R. Pelech, 2014, Removal of metal particles from carbon nanotubes using conventional and microwave method, Separation and Purification Technology, 136, 105-111.
- H8. **I. Pelech**, U. Narkiewicz, D. Moszyński, R. Pelech, 2012, Simultaneous purification and functionalization of carbon nanotubes using chlorination, Journal of Materials Research, 27, 2368-2374.

- H9. **I. Pelech**, R. Pelech, U. Narkiewicz, D. Moszyński, A. Jędrzejewska, B. Witkowski, 2013, Chlorination of carbon nanotubes obtained on the different metal catalysts, Journal of Nanomaterials, Vol. 2013, 9pages.
- H10. **I. Pelech**, A. Kaczmarek, R. Pelech, 2015, Current-voltage characteristics of the composites based on epoxy resin and carbon nanotubes, Journal of Nanomaterials. Vol. 2015, 7 pages.
- H11. U. Narkiewicz, **I. Pelech**, M. Podsiadly, M. Ceglowski, G. Schroeder, J. Kurczewska, 2010, Preparation and characterization of magnetic carbon nanomaterials bearing APTS-silica on their surface, Journal of Materials Science, 45, 1100-1106.
- H12. M. Ceglowski, U. Narkiewicz, **I. Pelech**, G. Schroeder, 2012, Functionalization of gold-coated carbon nanotubes with self-assembled monolayers of thiolates, Journal of Materials Science, 47, 3463-3467.
- H13. **I. Pelech**, O.S.G.P. Soares, M.F.R. Pereira, J.L. Figueiredo, 2015, Oxidative dehydrogenation of isobutene on carbon xerogel catalysts, Catalysis Today, 249, 176-183.

Monia Pelech

c. Omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Przewodnik stanowi przegląd 13 publikacji habilitantki (w tym 2 jednoautorskich (H1 i H4) obejmujących badania nad preparatyką, oczyszczaniem, modyfikacją i możliwościami aplikacyjnymi nanomateriałów węglowych.

Nanotechnologia jest obecnie jedną z najbardziej dynamicznie rozwijających się dziedzin nauki, obejmującą zjawiska oraz materiały w skali nanometrycznej. Ogromne zainteresowanie wśród naukowców budzi fakt, iż struktury w skali nanometrycznej wykazują nowe, niejednokrotnie znacznie ciekawsze właściwości w porównaniu z właściwościami obiektów w skali makro. Unikatowe cechy nanomateriałów otwierają drogę ku ich licznym zastosowaniom w dziedzinach takich jak medycyna, elektronika, inżynieria czy technologia informacyjno-komunikacyjna.

Do struktur nanometrycznych zaliczane są między innymi cylindryczne, wydłużone struktury węglowe nazywane nanorurkami węglowymi (ang. carbon nanotubes, CNTs). Począwszy od ich odkrycia w 1991 roku, stały się one przedmiotem licznych badań w zakresie ich funkcjonalności oraz możliwości

potencjalnych zastosowań ze względu na swoje unikatowe właściwości mechaniczne, termiczne oraz elektryczne, które czynią je nie tylko idealnymi kandydatami dla wielu aplikacji, ale również bardzo interesującym materiałem ze względu na właściwości poznawcze. Nanorurki węglowe mogą być wykorzystywane między innymi jako: emitory elektronów, membrany filtracyjne, nośniki leków, kontenery energii czy nośniki katalizatorów. Do syntezy tych materiałów wykorzystuje się kilka metod. Dobór odpowiedniego sposobu preparatyki zależy od żądanego stopnia czystości, morfologii, wydajności i skali procesu. Obecnie do najczęściej stosowanych metod otrzymywania CNTs należą: metoda odparowania laserowego oraz metoda chemicznego osadzania z fazy gazowej (CVD, ang. chemical vapor deposition). Pierwsza z nich pozwala na uzyskanie materiału o dużej czystości, natomiast druga - o mniejszej czystości, lecz z dużą wydajnością. Pomimo, iż nanorurki otrzymywane metodą CVD posiadają często liczne defekty strukturalne, których obecność wpływa na właściwości termiczne, mechaniczne i elektryczne, to jednak tego rodzaju materiały są niezwykle istotne, ponieważ można je otrzymywać w dużych ilościach oraz po stosunkowo niskich cenach. Do dodatkowych zalet metody CVD należą prosty układ eksperymentalny oraz łatwo dostępne reagenty, a także możliwości powiększenia skali produkcji w reżimie ciągłym.

W pracach [H1, H2, H3] przedstawiono wyniki badań nad wpływem rodzaju katalizatora na proces syntezy nanorurek węglowych metodą CVD. W badaniach zastosowano katalizator żelazowy otrzymany metodą stopową oraz katalizatory żelazowy, kobaltowy, niklowy i katalizator bimetaliczny żelazowo-kobaltowy otrzymane metodą strąceniową.

Katalizator żelazowy stopowy uzyskano w procesie stapiania magnetytu (Fe_2O_3) z tlenkami promotorów (Al_2O_3 i CaO) w piecu elektrycznym [H1]. Rolą promotorów było zapobieganie stapianiu się krystalitów żelaza w podwyższonych temperaturach. Otrzymany stop był kruszony i przesiewany w celu otrzymania frakcji od 1,2 do 1,5 mm, a następnie poddawany redukcji. Po procesie redukcji uzyskiwano nanokrystaliczne żelazo, natomiast promotory pozostawały w stanie tlenkowym.

W metodzie strąceniowej katalizatory otrzymywano przez współstrącanie azotanów żelaza niklu i kobaltu z dodatkiem niewielkich ilości CaO i Al_2O_3 pełniących rolę promotorów strukturotwórczych i zabezpieczających krystality metalu przed spiekaniem w podwyższonej temperaturze. Jako czynnik strącający stosowano wodę amoniakalną. Optymalne pH ustalono na 8. Strącone wodorotlenki poddano

kalcynacji w piecu rurowym w atmosferze powietrza przez 1h. W wyniku zastosowanej obróbki termicznej następowała przemiana wodorotlenków w tlenki. Ostatni etap stanowiła redukcja tlenków metali do metali prowadzona w piecu rurowym w atmosferze wodoru.

Syntezę nanorurek węglowych prowadzono w wysokotemperaturowym piecu rurowym [H1, H2, H3]. W celu usunięcia pasywnej warstwy tlenkowej, katalizator poddawano redukcji prowadzonej politermicznie w temperaturze wzrastającej od 20°C do 500°C, a następnie izotermicznie w temperaturze 500°C. Kolejno wodór zastępowano mieszaniną etylen-argon lub etylen-wodór [H1], metanem [H2], etanem [H2], etylenem [H2, H3] i prowadzono proces syntezy w temperaturze 500°C [H2], 600°C [H2], 700°C [H1, H2, H3]. Próbki chłodzono do temperatury pokojowej w atmosferze gazu obojętnego.

Stwierdzono [H2], że wydajność węgla na katalizatorach metalicznych zależy od zdolności tworzenia się węglików odpowiednich metali oraz od ich stabilności. Wydajność węgla na katalizatorze żelazowym wzrastała wraz ze wzrostem temperatury, w której prowadzony był proces, w wyniku szybszego rozkładu węglika żelaza w wyższej temperaturze. Podobny proces zachodził w przypadku węglika niklu. W przeciwieństwie do katalizatora żelazowego i niklowego, wydajność węgla na katalizatorze kobaltowym malała wraz z temperaturą procesu syntezy nanostruktur węglowych. Przyczyną tego było spiekanie się krystalitów kobaltu w podwyższonej temperaturze. Krystality żelaza oraz niklu również ulegały spiekaniu, jednakże w odróżnieniu od krystalitów kobaltu, następowało to z jednoczesnym rozkładem węglików żelaza i niklu. Efekt ten maskowało spiekanie się krystalitów tych metali. W przeciwieństwie do żelaza i niklu, w warunkach prowadzenia procesu nawęglania, nie stwierdzono tworzenia się węglików kobaltu.

Stwierdzono, że na wszystkich badanych katalizatorach (żelazowym [H1, H2, H3], kobaltowym [H2, H3], niklowym [H2] oraz żelazowo-kobaltowy [H3]) można uzyskać struktury włókniste. Ich ilość i morfologia zależały zarówno od rodzaju katalizatora, temperatury procesu syntezy oraz źródła węgla. Rozkład węglowodorów (metanu, etanu, etylenu) na katalizatorze żelazowym i niklowym oraz rozkład metanu na katalizatorze kobaltowym w temperaturze 500°C prowadził do otrzymania głównie zakapsułkowanych cząstek metalu. Podczas rozkładu etylenu w temperaturze 700°C na katalizatorze kobaltowym, żelazowym oraz żelazowo-kobaltowym, otrzymano wielościennie nanorurki węglowe. W tych samych warunkach syntezy, zastosowanie

katalizatora niklowego, powodowało powstanie silnie nieuporządkowanego materiału węglowego. Zawierał on zarówno włókna węglowe, jak i nanorurki węglowe o tak zwanej strukturze „rybiej ości”.

Metoda CVD stosowana do otrzymywania nanorurek węglowych, jak każda z metod nie jest pozbawiona wad i niedogodności. Do głównych wad należy zanieczyszczenie materiału węglowego katalizatorem i/lub nośnikiem katalizatora. W trakcie syntezy powstają również zanieczyszczenia niemetaliczne typu węgiel amorficzny. Zgodnie z [H1, H2, H3] do syntez wielościennych nanorurek węglowych wykorzystano katalizatory beżnośnikowe, w przeciwieństwie do innych prac, w których wykorzystywane są katalizatory nośnikowe. Usuwanie nośnika po procesie syntezy nanorurek węglowych jest procesem trudnym, drogim i czasochłonnym. Jego brak pozwala na wyeliminowanie problemu usuwania nośnika oraz umożliwia łatwiejsze oddzielenie cząstek metalicznych od materiału węglowego.

W celu oczyszczenia nanorurek od zanieczyszczeń węglowych stosuje się najczęściej metodę utleniania, którą prowadzi się w atmosferze powietrza. W pracy [H4] do oczyszczania nanorurek z węgla amorficznego zaproponowano metodę uwodornienia, natomiast w pracy [H5] porównano skuteczność metody utleniania z metodą uwodornienia. Zbadano także wpływ metody utleniania oraz uwodornienia na skuteczność usuwania cząstek metali w dalszych etapach oczyszczania nanorurek węglowych.

W badaniach mających na celu sprawdzenie skuteczności metody oczyszczania CNTs, wykorzystano nanorurki węglowe otrzymane na stopowym katalizatorze żelazowym [H4, H5]. Uwodornienie prowadzono w temperaturze 500°C przez 4h [H4], 550°C przez 2h [H5], 4h [H4] i 6h [H4, H5]. Utlenianie [H5] prowadzono w temperaturze 500°C przez 1h. W dalszym etapie cząstki katalizatora usuwano stosując kwas chlorowodorowy lub kwas azotowy o stężeniu 1M lub 5M [H4, H5]. Nanorurki węglowe umieszczano w kolbie szklanej i zalewano kwasem. Proces prowadzono przez 1h lub 5h w temperaturze wrzenia kwasu. Na koniec próbki przemywano kilkakrotnie wodą destylowaną i filtrowano, aż do uzyskania obojętnego pH. Otrzymane materiały suszono w temperaturze 100°C przez 24h.

Udowodniono [H4, H5], że uwodornienie może być alternatywną metodą do procesu utleniania, umożliwiającą usunięcie węgla amorficznego, jak również przeprowadzenie katalizatora w stan metaliczny, połączony z aglomeracją jego

krystalitów w podwyższonych temperaturach, pozwalającą na jego łatwiejsze usunięcie w trakcie obróbki kwasami (chlorowodorowym lub azotowym).

W pracy [H4] przedstawiono wpływ warunków prowadzenia procesu uwodornienia na efektywność oczyszczania nanorurek węglowych od zanieczyszczeń metalicznych z wykorzystaniem kwasu azotowego i chlorowodorowego. Pozostałość katalizatora w materiale węglowym poddanym jedynie oczyszczaniu z użyciem kwasu chlorowodorowego lub azotowego wynosiła odpowiednio 27% i 17%. Natomiast pozostałość katalizatora w materiale węglowym po jego wstępnej obróbce w atmosferze wodoru, a następnie oczyszczaniu z wykorzystaniem kwasów, obliczona na podstawie krzywych termogravimetrycznych, mieściła się w zakresie od około 0,5% do 9,9% i zależała zarówno od warunków w których prowadzono proces uwodornienia, jak i od rodzaju użytego w procesie oczyszczania kwasu. Kwas chlorowodorowy okazał się być bardziej skuteczny w oczyszczaniu nanorurek węglowych od zanieczyszczeń metalicznych, niż kwas azotowy. Mniejszy wpływ na ilość usuniętego katalizatora obserwowano zmieniając stężenie kwasu oraz czas prowadzenia reakcji. Najlepsze wyniki uzyskano dla materiału poddanego uwodornieniu w temperaturze 550°C przez 4h, a następnie obróbce w 1M HCl (ok. 1,1%) oraz 5M HCl (ok. 0,5%) przez 1h. Obliczona ilość katalizatora pozostająca w materiale węglowym po procesie jego uwodornienia w tych samych warunkach oraz oczyszczania z wykorzystaniem 1M HNO₃ i 5M HNO₃ wynosiła odpowiednio ok. 3,6% 3,9%. Katalizator po procesie oczyszczania pozostawał w próbce w postaci węglika.

Z kolei w pracy [H5] porównano wpływ sposobu prowadzenia wstępnej obróbki materiału węglowego (uwodornienia lub utleniania) na skuteczność usuwania cząstek katalizatora w trakcie jego oczyszczania z użyciem kwasu azotowego i chlorowodorowego. Stwierdzono, że proces usuwania cząstek katalizatora z użyciem kwasu chlorowodorowego jest bardziej skuteczny w przypadku materiałów poddanych wstępnej obróbce w atmosferze powietrza, niż w atmosferze wodoru. Jednocześnie udowodniono, że 1M kwas azotowy jest nieskuteczny w procesie oczyszczania nanorurek węglowych poddanych wcześniejszemu utlenieniu. Jedynie w przypadku użycia kwasu 5M kwasu azotowego i prowadząc proces oczyszczania przez 5h uzyskano zbliżone wartości, jak w przypadku oczyszczania z użyciem kwasu chlorowodorowego, bez względu na jego stężenie oraz czas prowadzenia reakcji.

Do usuwania cząstek katalizatora z materiału węglowego zaproponowano również metodę wspomaganą mikrofalami [H6, H7]. W pracy [H6] opisano oczyszczanie nanorurek węglowych otrzymanych na katalizatorze żelazowym stopowym, które poddane zostały utlenianiu w atmosferze powietrza w temperaturze 400°C lub 500°C. Materiał węglowy bezpośrednio po procesie syntezy lub poddany utlenianiu umieszczano w pojemniku teflonowym i zalewano 100ml 1M HNO₃ lub 5M HNO₃ lub 1M HCl lub 5M HCl. Całość umieszczono w reaktorze mikrofalowym (Ertec Magnum II). Procesy prowadzono pod ciśnieniem 15atm, 20atm i 30atm. Próbki filtrowano przemywając je jednocześnie wodą destylowaną, aż do uzyskania pH około 7, a następnie suszono przez 24h w temperaturze 130°C. Skład fazowy określono z wykorzystaniem metody dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego. Dokładną ilość katalizatora pozostałą po procesie oczyszczania obliczono na podstawie krzywych termogravimetrycznych. Zbadano wpływ wstępnej obróbki materiału węglowego, rodzaju kwasu oraz jego stężenia, ciśnienia w którym prowadzono proces oczyszczania na stopień usunięcia cząstek katalizatora. W badanym zakresie nie stwierdzono istotnego wpływu ciśnienia na stopień usunięcia cząstek katalizatora. Wstępna obróbka materiału węglowego w atmosferze powietrza skutkowała poprawą wydajności oczyszczania materiału węglowego z cząstek katalizatora z użyciem 1M kwasu chlorowodorowego, w przeciwieństwie do procesu w którym wykorzystano 5M kwas azotowy. Efekt ten był tym bardziej widoczny, im wyższa była temperatura, w której prowadzony był proces utleniania. Kwas azotowy o stężeniu 1M okazał się być nieskuteczny w procesie oczyszczania nanorurek węglowych.

Wyniki uzyskane metodą mikrofalową porównano z tradycyjnym procesem oczyszczania nanorurek węglowych z użyciem kwasu, prowadzonym w temperaturze jego wrzenia [H7]. Do badań wykorzystano wielościennie nanorurki węglowe otrzymane na katalizatorze żelazowym, lub kobaltowym, lub żelazowo-kobaltowym, które umieszczano w 5M kwasie azotowym, a następnie całość w kolbie lub w reaktorze mikrofalowym prowadząc proces oczyszczania przez 0,5h lub 24h. Na podstawie krzywych termogravimetrycznych obliczono dokładną ilość katalizatora pozostałą w próbce po procesie oczyszczania. Stwierdzono, że prowadząc proces usuwania katalizatora z materiału węglowego metodą mikrofalową pod ciśnieniem 20 atm można osiągnąć ten sam stopień czystości próbki w znacznie krótszym czasie, niż pod ciśnieniem atmosferycznym. I tak dla materiałów

węglowych oczyszczanych w kwasie w temperaturze jego wrzenia po 24h prowadzenia procesu oczyszczania ilość katalizatora w próbce wynosiła 2,2%, 1,4% i 2,3%, odpowiednio dla materiału otrzymanego na katalizatorze żelazowym, kobaltowym, żelazowo-kobaltowym, przy czym dla tych samych materiałów, lecz oczyszczanych proponowaną metodą mikrofalową - odpowiednio 2,2%, 1,7% i 1,6%. Odnotowano również, że ciśnienie jest istotnym parametrem mającym wpływ na wydajności procesu oczyszczania metodą mikrofalową.

Szczególne zainteresowanie nanorurkami węglowymi należy upatrywać w możliwości ich stosowania jako napełniaczy do tworzyw sztucznych, otrzymując kompozyty polimerowe. Obecność nanorurek jako dodatku w polimerze może poprawiać takie właściwości kompozytu jak: wytrzymałość na rozciąganie, moduł sprężystości przy rozciąganiu, wytrzymałość na obciążenie dynamiczne, temperaturę zeszklenia, przewodność cieplną, odporność na działanie rozpuszczalników, właściwości optyczne oraz przewodnictwo elektryczne.

Głównym problemem pojawiającym się w przypadku stosowania nanorurek jako napełniaczy do polimerów jest ich niewystarczająca dyspersja w matrycy polimerowej ze względu na to, iż nanorurki mają tendencję do ulegania aglomeracji. Obecnie istnieje kilka metod poprawiających dyspersję nanorurek w matrycach polimerowych. Jednym z obiecujących sposobów zapobiegających agregacji nanorurek i pomagających w uzyskaniu dobrej dyspersji w matrycach polimerowych jest ich chemiczna funkcjonalizacja, polegająca na zmianie charakteru powierzchni nanorurek poprzez przyłączenie odpowiednich grup funkcyjnych.

W pracach [H8, H9] zaproponowano metodę wprowadzania powierzchniowych grup funkcyjnych na powierzchnię nanorurek węglowych otrzymanych na katalizatorze żelazowym [H8, H9], kobaltowym [H9], żelazowo-kobaltowym [H9], która w pierwszym etapie polega na kowalencyjnym przyłączeniu chloru. Reakcję z chlorem prowadzono w fazie ciekłej [H8] i gazowej [H8, H9].

W pracy [H8] przedstawiono wyniki zastosowanej metody chlorowania w fazie ciekłej oraz gazowej dla nanorurek węglowych otrzymanych na katalizatorze żelazowym. Reakcję w fazie ciekłej prowadzono przez umieszczenie surowego materiału węglowego w reaktorze wypełnionym czterochlorkiem węgla (CCl_4), do którego przez bełkotkę wprowadzano chlor. Całość ogrzewano do osiągnięcia temperatury wrzenia czterochlorku węgla. Po dwóch godzinach oddestylowywano

czterochlorek węgla. Próbkę po chlorowaniu przemywano acetonem, filtrowano, a następnie suszono pod próżnią w temperaturze 120°C.

Chlorowanie w fazie gazowej prowadzono w reaktorze kwarcowym z zamontowanym systemem wprowadzania chloru. Materiał węglowy ogrzewano w atmosferze chloru w temperaturach 50°C, 150°C, 250°C i 450°C przez 2 godziny. Po tym czasie odcinano dopływ chloru, a otrzymany materiał chłodzono pod próżnią do temperatury pokojowej. Po wychłodzeniu próbkę przemywano acetonem, filtrowano, a następnie suszono pod próżnią w temperaturze 120°C.

Metodą spektroskopii fotoelektronów w zakresie promieniowania X (XPS) potwierdzono obecność kowalencyjnego chloru na powierzchni nanorurek węglowych. Jego ilość zależała głównie od sposobu w jaki prowadzono chlorowanie. Wyższe stężenie chloru na powierzchni nanorurek węglowych uzyskano poddając materiał chlorowaniu w fazie ciekłej. Ilość chloru dla nanorurek węglowych poddanych chlorowaniu w fazie gazowej była podobna, bez względu na temperaturę w której prowadzono proces. Na podstawie dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego oraz analizy termogravimetrycznej stwierdzono, że chlorowanie prowadzone w fazie gazowej może być również wykorzystywane do oczyszczania nanorurek węglowych z zanieczyszczeń metalicznych. Ilość cząstek katalizatora pozostająca w materiale węglowym po procesie jego chlorowania w temperaturze 50°C, 150°C oraz 250°C była podobna. Znacznie wyższy stopień usunięcia katalizatora osiągnięto prowadząc chlorowanie w temperaturze 450°C.

W pracy [H9] porównano skuteczność metody chlorowania w kierunku jej wykorzystania do oczyszczania i funkcjonalizacji powierzchni nanorurek węglowych otrzymanych na różnych katalizatorach metalicznych. Analiza powierzchni metodą spektroskopii fotoelektronów w zakresie promieniowania X (XPS) wykazała obecność kowalencyjnego chloru na powierzchni nanorurek węglowych. Dla nanorurek węglowych otrzymanych na katalizatorze żelazowo-kobaltowym obserwowano wzrost stężenia chloru na powierzchni wraz ze wzrostem temperatury, w której prowadzono proces funkcjonalizacji. Stwierdzono, że w przypadku nanorurek węglowych syntezowanych na bimetalicznym katalizatorze żelazowo-kobaltowym ilość przyłączonego chloru jest wyższa, niż dla nanorurek węglowych syntezowanych na katalizatorze żelazowym lub kobaltowym.

Ilość katalizatora pozostająca w materiale węglowym po procesie chlorowania obliczona na podstawie krzywych termogravimetrycznych mieściła się w zakresie od

0,2% do 6,5% i zależała od temperatury chlorowania w przypadku modyfikacji nanorurek węglowych otrzymanych na katalizatorze kobaltowy oraz od rodzaju katalizatora użytego do syntezy nanorurek węglowych. Najwyższy stopień usunięcia katalizatora uzyskano dla nanorurek otrzymanych na katalizatorze żelazowym, najniższy zaś dla nanorurek węglowych do syntezy których, wykorzystany został katalizator kobaltowy.

Zaproponowana metoda usuwania katalizatora z użyciem gazowego chloru posiada wiele zalet względem szeroko stosowanych metod mokrych.

Stwierdzono, że zastosowanie chloru do usuwania katalizatora pozwala na skuteczniejsze jego usunięcie w porównaniu do metod opartych na utlenianiu oraz działaniu silnych kwasów mineralnych. Eliminacja etapu ługowania kwasami powoduje mniejsze zmiany morfologii nanorurek węglowych. Powstające chlorki metali w łatwy i skuteczny sposób wyflukiwane są przy użyciu acetonu, który można regenerować przez destylację. Eliminuje się w ten sposób strumień uciążliwego ścieku zawierającego metale ciężkie (nikiel czy kobalt).

Jak wspomniano powyżej, sfunkcjonalizowane nanorurki węglowe dodaje się do polimerów celem poprawienia ich dyspersji w matrycy polimerowej oraz uzyskania wiązań pomiędzy grupami funkcyjnymi przyłączonymi do nanorurek węglowych, a matrycą polimerową, którą stanowić mogą między innymi żywice epoksydowe. Żywice epoksydowe charakteryzują się doskonałymi właściwościami mechanicznymi, odpornością chemiczną i cieplną oraz niskimi kosztami produkcji. Są one powszechnie stosowane jako powłoki czy materiały izolacyjne. W wielu przypadkach pożądanym jest nadanie tym materiałom przewodności elektrycznej w celu ekranowania pola elektromagnetycznego czy zapobieganiu gromadzeniu się ładunków elektrostatycznych. Dodatek do matrycy polimerowej nanorurek węglowych o dobrych właściwościach konstrukcyjnych i elektrycznych umożliwia nie tylko uzyskanie kompozytu polimerowego o polepszonych właściwościach mechanicznych, ale również utworzenie ścieżek przewodzących w matrycy polimerowej przy małym stężeniu napelnacza. W dostępnej literaturze można znaleźć doniesienia na temat poprawy właściwości elektrycznych kompozytów polimerowych z dodatkiem sfunkcjonalizowanych nanorurek węglowych, dzięki uzyskaniu ich lepszej dyspersji w matrycy polimerowej. Z drugiej strony istnieje wiele prac dotyczących pogorszenia właściwości elektrycznych kompozytów, z uwagi na niszczenie struktury nanorurek podczas skutecznego przyłączenia do ich powierzchni grup funkcyjnych.

W pracy [H10] wykorzystano wielościennie nanorurki węglowe otrzymane na katalizatorze żelazowo-kobaltowym. Surowy materiał poddano działaniu gazowego chloru w temperaturze 400°C. Chlorowany materiał poddano następnie hydrolitycznemu odchlorowaniu w 5M NaOH przez 3h w celu zastąpienia chloru grupami hydroksylowymi. Ilość wymienionego chloru określono przez oznaczenie chlorków w przesączu. Obecność wprowadzonych powierzchniowych grup hydroksylowych potwierdzono techniką XPS. Otrzymane materiały węglowe wykorzystano jako napełniacze do żywicy epoksydowej (Epidian 5, ORGANIKA, SARZYNA SA, Poland). Zawartość nanorurek węglowych w matrycy polimerowej wynosiła od 0.25wt% do 2.5wt%. Jako utwardzacz użyto komercyjnie dostępny utwardzacz Z-1 (trietylenotetramina, ORGANIKA, SARZYNA SA, Poland). Zbadano wpływ modyfikacji nanorurek węglowych na ich dyspersję w matrycy polimerowej, jak również na właściwości elektryczne otrzymanych kompozytów polimerowych. Ciekła żywica zawierająca zdyspergowane nanorurki węglowe była umieszczana w specjalnie przygotowanych formach pomiędzy aluminiowymi elektrodami, umożliwiającymi określenie przewodności elektrycznej oraz charakterystyk prądowo-napięciowych otrzymanych kompozytów. Zmiany napięcia na próbce wymuszano przy użyciu generatora funkcyjnego Owon AG1022F. Pomiar prowadzono przy narości napięcia 400 V/s (10 Hz) i amplitudzie 20V (10V ±). Pomiar prądu prowadzono stosując oscyloskop cyfrowy UTD2102CEX UNI-T. Dla stężeń wypełniacza <1,25% przewodność mierzono metodą statyczną z użyciem teraohmometru Sefelec M1501M.

Na podstawie analizy fotografii wykonanych metodą mikroskopii optycznej stwierdzono, że funkcjonalizacja nanorurek węglowych poprawia ich dyspersję w matrycy polimerowej. Charakterystyki prądowo-napięciowe dla wszystkich otrzymanych kompozytów polimerowych miały charakter nieliniowy i dobrze opisywały je równania typu wykładniczego. Przy wyższym stężeniu napełniacza w matrycy polimerowej, lepsze przewodnictwo wykazywały materiały z dodatkiem napełniacza w postaci niemodyfikowanych, niż modyfikowanych nanorurek węglowych. Zachowanie to prawdopodobnie spowodowane było współistnieniem wraz z materiałem węglowym metalicznych cząstek katalizatora oraz ich zdolnością do tworzenia ścieżek perkolacyjnych przy wyższych stężeniach napełniacza. Przy niższym stężeniu napełniacza w matrycy polimerowej, wyższe wartości przewodności elektrycznej uzyskano dla kompozytów polimerowych z dodatkiem modyfikowanych

nanorurek węglowych. W trakcie procesu modyfikacji nanorurek węglowych usuwany był równocześnie katalizator. Dlatego też tego typu napełniacz końcowo zawierał większą objętość materiału węglowego, w porównaniu z napełniaczem nie poddanym modyfikacji. Sprzyjało to lepszej dyspersji napełniacza w matrycy polimerowej, a tym samym tworzeniu większej ilości ścieżek perkolacyjnych przy niższych stężeniach.

Materiały węglowe o właściwościach magnetycznych mogą znaleźć zastosowanie jako magnetyczne tonery, atramenty, ferrofluidy, magnetyczne nośniki danych, czy elementy do elektrycznych i elektronicznych urządzeń. W celu nadanie im cech biokompatybilności i umożliwienia ich zastosowania w bioinżynierii, powierzchnię materiałów węglowych poddaje się modyfikacji. Dużym zainteresowaniem cieszą się struktury węglowe otoczkowane np. materiałami nieorganicznymi. Otoczkowanie umożliwia wprowadzenie kolejnych grup funkcyjnych, nadając materiałom węglowym nowe właściwości.

W pracy [H11] przedstawiono syntezę oraz charakterystykę magnetycznych nanomateriałów węglowych (nanorurek węglowych i nanokapsulek) oraz ich otoczkowanie krzemionką w procesie zol-żel, a następnie modyfikację z użyciem silanowego środka sprzęgającego zawierającego funkcyjne grupy aminowe (3-aminopropylo)-trimetoksysilanem (APTS). W tym celu materiały węglowe zawierające cząstki żelaza, lub niklu lub kobaltu umieszczono w wodnym roztworze krzemianu sodu. Mieszanina była podgrzewana do 80°C i w tej temperaturze zobojętniana kwasem solnym do pH około 6-7. Następnie otoczkowany nanomateriał został odfiltrowany i przemyty wodą destylowaną oraz metanolem. Kolejnym etapem była silanizacja z użyciem APTS. Silanizację prowadzono przez wkroplenie w temperaturze 90°C APTS do zawiesiny otoczkowanych nanorurek w metanolu z dodatkiem wody i gliceryny. Po 3h prowadzenia reakcji pod chłodnicą zwrotną zawiesinę odfiltrowano i przemyto wodą destylowaną i metanolem. Na podstawie analizy FTIR potwierdzono utworzenie się siloksanowych wiązań pomiędzy otoczką nanomateriału, a APTS. W pracy wykazano, że uzyskany materiał posiada właściwości sorpcji jonów miedzi z roztworów wodnych. Dodatkowo jego właściwości magnetyczne pozwalają na łatwą i skuteczną separację przy użyciu zewnętrznego pola magnetycznego. Wyjątkowa kombinacja właściwości magnetycznych oraz silanizowanej powierzchni daje możliwość potencjalnego zastosowania otoczkowanego nanomateriału jako selektywnego wymiatacza jonów miedzi.

W przypadku wielu zastosowań takich jak: chemiczne sensory czy biomateriały wykorzystuje się samoorganizujące monowarstwy (SAMs – self – assembled monolayers). Organotiolowe SAMs można łatwo otrzymać przez immersję czystej powierzchni metalu w roztworze odpowiedniego tiolu lub disulfidu. Naniesienie odpowiedniego metalu na nanorurki węglowe w tak zwanym procesie dekorowania, umożliwia łatwe wprowadzenie organotiolowych grup funkcyjnych na ich powierzchnie. Pozwala to na dodatkowe wykorzystanie unikalnych magnetycznych i mechanicznych właściwości dekorowanych nanorurek węglowych jako platformy dla SAMs np. w budowie nanosensorów.

W pracy [H12] wykorzystano metalizowanie (dekorowanie) magnetycznego nanomateriału węglowego złotem w celu wprowadzenia na jego powierzchnie grup funkcyjnych poprzez wiązanie tiolowe uzyskując nanomateriał o schematycznej konfiguracji CNT/złoto/tiol-grupa funkcyjna. Metalizowanie złotem CNTs węglowych przeprowadzono metodą impregnacji nanorurek węglowych z zakapsułkowanymi metalami kwasem chlorozłotowym (HAuCl_4), a następnie jego redukcję borowodorkiem sodu. Impregnację i redukcję prowadzono w etanolu. Po etapie redukcji nanomateriał odwirowano, przemyto etanolem i suszono w 80°C . Metalizowany złotem nanomateriał poddano funkcjonalizacji z udziałem 4-amino-5-hydrazyno-1,2,4-triazol-3-tiolem, kwasem tiobarbiturowym, per-6-tio- β -cyklodekstryną, glikolem *O*-(2-karboksyetylo)-*O'*-(2-merkpto)heptaetylenowym oraz 3-merkpto-1-propanosulfonianem sodu. Stwierdzono, że zarówno proces metalizacji jak i funkcjonalizacji poprzez utworzenie wiązania tiolowego ze złotem, nie powoduje zmiany strukturę i właściwości magnetycznych nanorurek węglowych z zakapsułkowanym metalem. Uzyskana kombinacja organotiolowych SAMs i metalizowanych nanorurek węglowych zapewnia unikalne właściwości hybrydy tego połączenia, a zaproponowana funkcjonalizacja pozwala na otrzymywanie nanodetektorów o bardzo niskich progach detekcji w pomiarach elektrochemicznych.

W pracy [H13] przedstawiono sposób modyfikacji powierzchni materiałów węglowych - kserożeli węglowych, a następnie ich wykorzystanie jako katalizatorów w procesie utleniającego odwodornienia izobutanu do izobutenu, który to związek jest wykorzystywany głównie w przemyśle paliwowym oraz znajduje zastosowanie do produkcji kauczuku butylowego.

Kserożele węglowe otrzymywano metodą zol-żel z wykorzystaniem rezorcyny i formaldehydu. W kolejnym etapie prowadzono karbonizację, a następnie obróbkę w

atmosferze powietrza w temperaturze 425°C, w celu wprowadzenia tlenowych grup funkcyjnych. Wybrane grupy tlenowe były selektywnie usuwane poprzez obróbkę termiczną w atmosferze azotu w temperaturach: 600°C, 650°C, 700°C, 750°C i 850°C. Zarówno rodzaj jak i ilość grup tlenowych została określona z wykorzystaniem termoprogramowalnej desorpcji (TPD). W celu zbadania wpływu azotu, otrzymano kserożele węglowe z różną jego zawartością. Azot wprowadzono na etapie polimeryzacji w postaci melaminy lub mocznika. Całkowita ilość azotu została oznaczona przy pomocy analizatora elementarnego, natomiast rodzaje grup zostały zidentyfikowane za pomocą rentgenowskiej spektrometrii fotoelektronów (XPS). Testy katalityczne wykonano w reaktorze ze złożem stałym. Do reaktora doprowadzano stechiometryczną mieszaninę izobutanu i tlenu w temperaturze 375°C. Dla porównania wykonano również testy bez udziału tlenu. Produkty reakcji były analizowane techniką chromatografii gazowej.

Stwierdzono, że aktywność badanych katalizatorów w procesie utleniającego odwodornienia izobutanu wzrastała wraz ze wzrostem zawartości azotu w kserożelach węglowych. Potwierdzono, że w procesie utleniającego odwodornienia izobutanu do izobutenu miejsca aktywne stanowią grupy karbonylowo-chinonowe. Przedstawiono zależność aktywności katalizatorów od ilości grup karbonylowo-chinonowych.

Podsumowanie

W przedstawionym przewodniku po pracach habilitantki omówiono pełną drogę od preparatyki katalizatora i syntezy surowca węglowego, poprzez jego oczyszczanie i modyfikację, aż do otrzymania w pełni funkcjonalnego nanomateriału węglowego mogącego znaleźć liczne zastosowania. Wyniki uzyskane w trakcie badań pozwalają na sformułowanie następującego podsumowania i wyciągnięcia poniższych wniosków:

1. Do syntezy nanomateriałów węglowych wykorzystano autorskie, beznosnikowe katalizatory żelazowe otrzymane metodą stopową oraz żelazowe, niklowe, kobaltowe i żelazowo-kobaltowe otrzymane metodą strąceniową. Stwierdzono, że wspomniane katalizatory, a zwłaszcza katalizator żelazowo-kobaltowy pozwalają uzyskać wielościennie nanorurki węglowe o dobrej morfologii z dużą wydajnością.
2. Wykazano, że redukcja wodorem wyjściowego nanomateriału znacznie poprawia skuteczność usuwania cząstek katalizatora z materiału węglowego w dalszych etapach oczyszczania z wykorzystaniem kwasów. Dodatkowo może być

wykorzystywana jako alternatywna metoda do szeroko stosowanego utleniania w powietrzu, przy czym jej zastosowanie nie powoduje istotnej destrukcji materiału węglowego.

3. Zaproponowano metodę mikrofalową oczyszczania nanorurek węglowych z cząstek katalizatora. Wykazano, że sposób ten umożliwia uzyskanie takiego samego stopnia usunięcia cząstek metalu z materiału węglowego, jak podczas tradycyjnego oczyszczania prowadzonego w temperaturze wrzenia kwasu, lecz w znacznie krótszym czasie.
4. Zaproponowano zastąpienie wysoce uciążliwego i długotrwałego, mokrego sposobu usuwania pozostałości katalizatora nowatorską metodą chlorowania w fazie gazowej. Stwierdzono, że nanorurki węglowe po procesie chlorowania stanowią wyjątkowy materiał wyjściowy do dalszych modyfikacji np. selektywnego wprowadzania grup hydroksylowych w reakcji z wodorotlenkiem sodu.
5. Funkcjonalizacja nanorurek węglowych metodą chlorowania, a także hydrolitycznego odchlorowania pozwala na otrzymanie napełniacza do żywic epoksydowych o polepszonej dyspersji względem wyjściowego materiału węglowego. Wprowadzenie już niewielkich ilości tak otrzymanych nanomateriałów do żywicy epoksydowej nadaje kompozytowi właściwości antystatyczne.
6. Syntezowane wielościennie nanorurki węglowe z zastosowaniem opracowanych katalizatorów zostały z powodzeniem zmodyfikowane przez ich otoczkowanie krzemionką i metalizowanie złotem. Procesy te otworzyły drogę do ich dalszej funkcjonalizacji w reakcjach silanizacji i wprowadzania grup funkcyjnych przez ugrupowanie tiolowe.
7. Połączenie właściwości magnetycznych otrzymanych nanomateriałów węglowych oraz właściwości wynikających z przeprowadzonej funkcjonalizacji pozwalają na łatwą i selektywną separację tych materiałów z zawiesin.
8. Kserożele węglowe otrzymanego metodą zol-żel posiadają selektywne właściwości katalityczne w reakcji utleniającej redukcji izobutanu do izobutyleny. Wykazano, że centrami aktywnymi są powierzchniowe ugrupowania karbonylowo-chinonowe. W celu uzyskania optymalnej ilości aktywnych grup karbonylowo-chinonowych na powierzchni węglowej wykorzystano programowane temperaturowo selektywne usuwanie grup tlenowych.

9. Wykazano, że opracowane techniki syntezy oczyszczania i modyfikacji nanomateriałów węglowych umożliwiają otrzymanie nanomateriałów węglowych posiadających ogromny potencjał w wielu zastosowaniach praktycznych takich jak: napełniacze do polimerów poprawiające właściwości mechaniczne i antystatyczne, selektywne wymiatacze jonów metali, nanosensory czy selektywne katalizatory.

Twona PeTech

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych (artystycznych).

Studia magisterskie rozpoczęłam w 1997 roku na Politechnice Szczecińskiej na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej na kierunku - technologia chemiczna. Pracę magisterską pod tytułem „Kinetyka nawęglania katalizatora żelazowego etanem i etylenem” obroniłam w roku 2002. W latach 2009 – 2011 byłam słuchaczką Studium Pedagogicznego organizowanego przez Instytut Ekonomii i Zarządzania na Politechnice Szczecińskiej. Tematyka zajęć obejmowała zagadnienia z dziedziny pedagogiki, psychologii oraz dydaktyki. Odbyłam również 150 godzin praktyk pedagogicznych, które zrealizowałam w I Liceum Ogólnokształcącym w Nowogardzie. W roku 2002 zostałam słuchaczką studium doktoranckiego na Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej. Pod kierunkiem Pani prof. dr hab. inż. Urszuli Narkiewicz wykonałam pracę pod tytułem „Badanie procesu nawęglania nanokrystalicznego żelaza węglowodorami”. W trakcie jej realizacji zdefiniowałam kinetykę procesu rozkładu etanu oraz etylenu na nanokrystalicznym żelazie do tworzenia depozytu węglowego. Zaproponowałam równania kinetyczne oraz wyznaczyłam współczynniki w tych równaniach. Wykazałam, że zarówno etan jak i etylen mogą stanowić dobre źródło węgla w procesach otrzymywania nanorurek węglowych. Udowodniłam, że zastosowanie wodoru w procesie oczyszczania jest skuteczne w celu odseparowania nanorurek węglowych od pozostałych form węgla np. węgla amorficznego. Sprawdziłam, że uzyskane nanomateriały węglowe (Fe/Fe₃C, Fe₃C/C, Fe/C) mogą mieć zastosowanie jako nanonapełniacze do kompozytu polimerowego PET-blok-PTMO. Ich dodatek powodował poprawę własności mechanicznych o około 30% w stosunku do czystego polimeru. Pracę obroniłam 17 grudnia 2007 roku uzyskując tytuł doktora w dziedzinie nauk technicznych. Praca

została wyróżniona przez Radę Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Szczecińskiej, a także przez Regionalne Centrum Innowacji i Transferu Technologii oraz Polską Fundację Przedsiębiorczości w konkursie na innowacyjną pracę doktorską. W roku 2003 uczęszczałam na zajęcia realizowane w ramach Studium Marketingowego Zarządzania Przedsiębiorstwem organizowanego przez Agencję Rozwoju Gospodarczego z siedzibą w Poznaniu. Obejmowały one zagadnienia z dziedziny marketingu i zarządzania. Uzyskałam dyplom w zakresie Marketingu i Strategii Marketingowych.

W dniu 5 września 2009 roku zostałam zatrudniona na stanowisku asystenta na Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej w Instytucie Technologii Chemicznej Nieorganicznej i Inżynierii Środowiska. Od dnia 5 września 2009 roku pracuję w tej samej jednostce na stanowisku adiunkta. W okresie 30. 09. 2008r. – 29. 09. 2011 realizowałam projekt finansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. W ramach swoich obowiązków zawodowych opracowałam i prowadziłam wykłady z następujących przedmiotów: Marketing (na kierunku Towaroznawstwo), Zarządzanie zasobami ludzkimi i projektami oraz Marketing, negocjacje, public relations (na kierunku studiów Technologia Chemiczna), Podstawy ekonomii i zarządzania (na kierunku Nanotechnologia) oraz Ekonomia i zarządzanie w przemyśle (na kierunku Chemia). Opracowałam również i prowadziłam ćwiczenia audytoryjne oraz zajęcia laboratoryjne w ramach następujących przedmiotów: Podstawy ekonomii i zarządzania, Przemysłowe laboratorium technologiczne, Zjawiska powierzchniowe i przemysłowe procesy katalityczne, Technologie chemiczne przemysłu nieorganicznego, Techniki badania produktów nieorganicznych, Elementy automatyki i pomiary (na kierunku Technologia Chemiczna), Technologia informacyjna (na kierunku Ochrona Środowiska), Technologie informatyczne, Termodynamika techniczna, Nanokataliza i nanokatalizatory, Technologia wytwarzania materiałów nanostrukturalnych, Nanomateriały funkcjonalne (na kierunku Nanotechnologia) oraz zajęcia laboratoryjne dla studentów programu Erasmus: Testing methods of inorganic products oraz Heterogeneous catalysis. W roku 2010 byłam promotorem dwóch prac inżynierskich: Kamili Szarek „Katalityczne usuwanie SO₂ na modyfikowanych nanowęglach” oraz Agaty Kierzek „Funkcjonalizacja wielościennych nanorurek węglowych”. Pełniłam rolę promotora trzech prac magisterskich: Pawła Władyki „Otrzymywanie i oczyszczanie wielościennych nanorurek węglowych” (2009),

Katarzyny Owodziń „Modyfikacja nanorurek węglowych” (2010) oraz Agnieszki Wasylów „Synteza, oczyszczanie i zastosowanie nanorurek węglowych” (2011). Od roku 2012 sprawuje opiekę naukową na doktorantką Agnieszką Kaczmarek, wykonującą pracę doktorską w Instytucie Technologii Chemicznej Nieorganicznej i Inżynierii Środowiska na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. W latach 2009 – 2011 prowadziłam również wykłady obejmujące zagadnienia związane z nanomateriałami w ramach letniej szkoły programu Erasmus (LLP Erasmus Programme 2009, CoNan Intensive Programme, Gdańsk).

W okresie od 1 lutego 2012 do 1 lutego 2013 przebywałam w charakterze postdoctoral researcher w jednostce Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Chemical Engineering Department, Portugal. Jako główny wykonawca realizowałam tam projekt FCT grant SFRH/BPD/71559/2010 “Investigation of the active sites of carbon catalysts in the oxidative dehydrogenation of hydrocarbons” pod kierunkiem Prof. José L. Figueiredo, którego finansowanie uzyskałam z Fundação para a Ciência. W ramach projektu przeprowadziłam syntezę kserożeli węglowych z wykorzystaniem rezorcyny i formaldehydu. Z wykorzystaniem metody BET określiłam właściwości teksturalne uzyskanych materiałów. W wyniku reakcji utleniania wprowadziłam na ich powierzchnię funkcyjne grupy tlenowe takie jak: karboksylowe, laktonowe, karbonylowe, po czym materiały węglowe poddawałam obróbce cieplnej w celu selektywnego usunięcia niepożądanych grup tlenowych i pozostawienia na powierzchni jedynie grup karbonylowo-chinonowych. Otrzymane w ten sposób materiały charakteryzowałam metodą TPD-MS w celu jakościowego i ilościowego określenia udziału poszczególnych rodzajów grup tlenowych. Na powierzchnię kserożeli węglowych wprowadzałam również grupy funkcyjne zawierające azot, których obecność potwierdzono z wykorzystaniem metody XPS. Tak uzyskane materiały wykorzystywałam jako katalizatory w procesie utleniającego odwodornienia izobutanu. Obliczyłam aktywność oraz selektywność poszczególnych katalizatorów na podstawie badań z wykorzystaniem metody chromatografii gazowej. Określiłam zależność pomiędzy aktywnością katalizatora, a ilością odpowiednich grup funkcyjnych.

Po powrocie ze stażu rozpoczęłam realizację projektu Lider (LIDER/25/58/1-3/11/NCBR/2012) finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, który to projekt skierowany jest do młodych naukowców chcących zdobyć doświadczenie w

kierowaniu realizacją projektu badawczego oraz podnieść swoje kompetencje w samodzielnym budowaniu, zarządzaniu oraz kierowaniu własnym zespołem badawczym. Program służy także stymulowaniu współpracy naukowców z przedsiębiorcami, poprzez realizację badań o potencjale wdrożeniowym i komercjalizacyjnym. Projekt pt. ” Modyfikowane nanorurki węglowe jako napełniacze do polimerów”, którego jestem kierownikiem, dotyczy otrzymywania przewodzących kompozytów polimerowych z dodatkiem nanorurek węglowych oraz grafenu jako napełniaczy. Badany jest wpływ: rodzaju nanorurek, sposobu ich syntezy i modyfikacji, rodzaju osnowy polimerowej, metody dyspersji nanorurek w matrycy polimerowej na właściwości kompozytów polimerowych, a w szczególności na ich właściwości mechaniczne oraz elektryczne. Do otrzymywania kompozytów, których osnowę stanowią termoplastyczne poliestry (np. PET, PBT, PTT oraz ich kopolimery) oraz alifatyczne poliamidy (np. PA12) wykorzystywana jest metoda polimeryzacji *in situ*, w której nanorurki dyspergowane są w ciekłym substracie, a następnie prowadzony jest proces syntezy osnowy polimerowej w obecności nanocząstek. Jako osnowa polimerowa kompozytów wykorzystane są także polimery epoksydowe. Nanorurki są dyspergowane w żywicy epoksydowej za pomocą mieszania mechanicznego z zastosowaniem kalandra. Otrzymane materiały będą mogły znaleźć zastosowanie w samolotach, jako materiały do budowy odpowiednich części, np. elementów kadłuba czy pokrycia skrzydeł. Należy je rozpatrywać przede wszystkim w kontekście ochrony przeciw uderzeniom piorunów, ekranowania zakłóceń elektromagnetycznych oraz rozładowania elektrostatycznego. W przemyśle samochodowym służyć mogą jako wzmocnienia w samochodowych panelach nadwozia i zderzakach, a także jako przewody paliwowe i zbiorniki paliwa, głównie z powodu ich właściwości przewodzących, dzięki czemu eliminuje się zjawisko ładowania elektrostatycznego.

Od roku 2014 pełnię funkcję Pełnomocnika Dziekana ds. Współpracy Dydaktycznej z Zagranicą. W ramach swojej działalności między innymi nawiązuję kontakty z innymi jednostkami zagranicznymi o podobnym profilu działalności, przygotowuję dokumentację związaną z wyjazdami studentów Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej do innych zagranicznych jednostek oraz sprawuję opiekę nad studentami zagranicznymi przebywającymi w ramach studiów bądź praktyk na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej.

Załącznik 2

Mój dorobek naukowy obejmuje łącznie 45 publikacji (w tym 38 w czasopismach z listy Journal Citation Reports (JCR). Po uzyskaniu stopnia doktora mój dorobek naukowy obejmuje 29 publikacji, w tym 28 w czasopismach z listy Journal Citation Reports (JCR) (łączny IF z roku publikacji = 39,972, łączny IF z roku 2013 = 43,358) oraz 3 patenty i 6 zgłoszeń patentowych. Według Web of Science liczba cytowań wszystkich artykułów wynosi 229 (bez autocytowań 195), indeks Hirscha wynosi 7. Wyniki mojej pracy naukowej były prezentowane w trakcie 24 konferencji międzynarodowych oraz 21 konferencji krajowych.

Grzegorz Petech