



Częstochowa, 31.08.2022

prof. dr hab. Piotr Konrad Dobrzyński

Wydział Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych
42-200 Częstochowa, al. Armii Krajowej 13/15
e-mail: p.dobrzynski@ujd.edu.pl

Recenzja Rozprawy Doktorskiej

Pana mgr inż. Michała Piłkowskiego p.t. „Wytwarzanie nanokompozytów o zaprojektowanych właściwościach hydrofobowych i niskiej adhezji lodu”.

1. Podstawna prawna sporządzenia niniejszej recenzji

Recenzja wykonana została w odpowiedzi na Uchwałę nr 310/24/RDND10/2021-2024 Rady Dyscypliny Naukowej Nauki Chemiczne, Politechniki Wrocławskiej z dnia 22 czerwca 2022 roku, w związku z postępowaniem w sprawie nadania stopnia doktora mgr inż. Michałowi Piłkowskiemu w dziedzinie nauki: nauki ścisłe i przyrodnicze; w dyscyplinie naukowej: nauki chemiczne.

Celem recenzji jest stwierdzenie, czy przedłożona rozprawa doktorska spełnia wymogi określone w art. 13 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. (Dz.U. z 2016, poz. 882 z późn. zm), jak i warunki ustalone w „Regulaminie Nadawania Stopni naukowych na Politechnice Wrocławskiej” (Uchwała Senatu nr 121/10/2020-2024 z dnia 20 maja 2021, Zmiana -uchwała Senatu nr 208/19/2020-2024 z dnia 17 marca 2022) i może być dopuszczona do obrony.

2. Cele pracy i hipoteza badawcza. Wybór i znaczenie tematu rozprawy

Analizując Cele badań prowadzonych w ramach rozprawy doktorskiej (str. 9 dysertacji) stwierdzam;

- Cel główny pracy został sformułowany dość jednoznacznie, jest nim wytworzenie kompozytu polimerowego, charakteryzującego się wysoką hydrofobowością, nadającego się na materiał do wytwarzania powierzchni o niskiej adhezji lodu, przydatnego w relatywnie prostym technologicznie formowaniu pasywnych systemów antyoblodzeniowych mogących znaleźć zastosowania w lotnictwie jak i w konstrukcjach wiatraków elektrowni wiatrowych. Brakuje minimalnych wymagań, jakie z założenia autora powinien spełniać otrzymany materiał, aby móc zakwalifikować go jako spełniającego cel główny.

- Cele szczegółowe określono nieprecyzyjnie. Autor zamierzał określić wpływ zmiany składu kompozytów o osnowie epoksydowej, na własności hydrofobowe oraz adhezję lodu, jak i w tym samym celu wybrać najlepszą metodę modyfikacji stosowanej żywicy epoksydowej, zapewniającej łatwe technologiczne nakładanie warstwy kompozytu, dobrze zabezpieczającej przed oblodzeniem. Brak jest podstawowej informacji dotyczącej zakresu planowanych badań (rodzaj składników formowanych kompozytów, wybór rodzaju matrycy polimerowej oraz zakres i sposoby jej modyfikacji). Ogólnikowość określenia celów szczegółowych powoduje trudność w powiązaniu celu głównego z kierunkiem i przewidywanym zakresem badań w całej recenzowanej dysertacji.

Obrona w recenzowanej pracy metoda uzyskania kompozytów lub powłok polimerowych nadających powierzchniom wyrobów właściwości przeciwołodziennicze nie ma charakteru pionierskiego, jest już znana i opisana w literaturze naukowej, jak i w szeregu rozwiązaniach patentowych. Niemniej trzeba zauważyć, że poruszana przez autora problematyka wciąż ma wiele elementów poznawczych i niewątpliwie może mieć duże znaczenie w podniesieniu bezpieczeństwa lotów czy utrzymaniu efektywności farm wiatrowych w trudnych warunkach klimatycznych i najpewniej również w innych zastosowaniach. Trzeba uznać, że wybór tematyki badań był zasadny i interesujący, mogący prowadzić do cennych wyników nie tylko z punktu widzenia ich zastosowania w praktyce. Niestety, w dużej mierze powierzchowny charakter opisanych w dysertacji badań, co do zakresu jak i stopnia chęci poznania spowodował, iż szansa ta nie została przez Autora wykorzystana.

3. Struktura rozprawy, stosowane metody badawcze i merytoryczna ocena treści pracy

Rozprawa została przedstawiona w tradycyjnej formie książkowej. Jej treść obejmuje łącznie z spisem cytowanej literatury 84 strony (w tym część wstępna; spis treści, streszczenia, cel i zakres pracy), co odbiega in minus od tradycyjnej objętości rozpraw doktorskich procedowanych w dyscyplinie nauki chemiczne. Tworzy ją pięć zasadniczych rozdziałów, pośród których dziwi brak osobnego poświęconego metodyce przeprowadzonych badań, czy charakterystyce zastosowanych materiałów.

Pierwszy z rozdziałów zatytułowany „*Wstęp teoretyczny*” pełni rolę wprowadzenia literaturowego w tematykę pracy i przegląd dotychczasowych osiągnięć i postępów w dziedzinie związanej z celem prowadzonych badań. Rozdział ten nie jest niestety podzielony na podrozdziały kolejno omawiające i porządkujące poszczególne odrębne zagadnienia, w głównej mierze ze względu na swoją małą objętość (11 stron, obejmujących w tym rysunki i tabelę). Te skromne wprowadzenie w żadnym wypadku nie może przygotować czytelnika do właściwej analizy zamieszczonych dalej wyników badań. Poruszana w rozprawie tematyka ma charakter multidyscyplinarny, z tego powodu wymaga dość szerokiego i kompleksowego wprowadzenia literaturowego. Oprócz omówienia podstawowych problemów związanych z zjawiskiem oblodzenia, znaczenia walki z nim, przebiegu i zasady pomiarów stopnia zwilżalności powierzchni, wpływu tego zjawiska, jak i morfologii powierzchni na siły adhezji lodu brakuje opisu osiągnięć w tworzeniu różnorodnych materiałów polimerowych znajdujących zastosowanie w omawianych systemach. W opisie powinien występować podrozdział poświęcony metodom syntezy specjalnych silnie hydrofobowych żywic epoksydowych, jak również sposobom tworzenia modyfikacji żywic „klasycznych” na zasadzie reakcji dobranych związków reaktywnych czy mieszanin addytywnych.

Brak jest opisu budowy chemicznej i szczegółowej charakterystyki własności chemiczno-fizycznych żywic stosowanych w badaniach opisanych w omawianej rozprawie. Recenzowana dysertacja skierowana jest do postępowania procedowanego w zakresie dyscypliny - nauki chemiczne, a więc tego typu tematyka związana z szeroko pojętą chemią stosowanych w walce z oblodzeniem tworzyw sztucznych i kompozytów polimerowych powinna być przedstawiona dość szczegółowo. Dane te powinny być podstawą i kluczem do osiągnięcia wyznaczonego celu głównego rozprawy, a jednocześnie świadczyć, iż Doktorant prezentuje wymaganą ogólną wiedzę teoretyczną w wybranej dyscyplinie nauki. Nie można tego potwierdzić ze względu na stosunkowo małą ilość przeanalizowanej literatury naukowej (ilość odnośników literaturowych to jedynie 39 pozycji). W takim wypadku trudno mówić o dokonanej syntetycznej charakterystyce literatury naukowej w obrębie zagadnień związanych z prowadzonymi badaniami, mającej wskazywać na jej znajomość i umiejętności całościowej oceny, w stosunku do podjętego problemu. W całej rozprawie nie znalazłem ani jednego zapisu reakcji chemicznej, czy próby chociażby podstawowej analizy i próby wyjaśnienia przebiegu reakcji w omawianych procesach modyfikacji żywic epoksydowych, czy reakcji ich sieciowania w obecności mieszanin zawierających związki modyfikujące. Brak jest opisu przebiegu otwarcia pierścienia epoksydowego, związanego z tym zjawiskiem wyboru związków sieciujących, oraz nawet podstawowych zagadnień dotyczących chemii żywic epoksydowych. Wszystkie te zagadnienia mają kluczowe znaczenie w doborze zarówno optymalnych dla planowanego zastosowania polimerów, jak i kształtowania własności tworzonej końcowej warstwy polimerowej. Bez analizy takich parametrów dobór zarówno rodzaju zastosowanej żywicy, jak i przyjętej metody sieciowania czy stosowanego dodatkowego „dotwardzania” termicznego wydaje się przypadkowym. Z drugiej strony światowa literatura omawiająca badania związane z poruszaną tematyką jest dość obszerna (wg bazy Scopus – ilość artykułów naukowych dotyczącej tematyki polimerowych powłok o własnościach antyoblodzeniowych to ponad 220 pozycji). Obejmuje wiele dobrych prac zarówno o charakterze przeglądowym, jak i artykułów naukowych. Informacje takie są stosunkowo łatwo dostępne. Wiele z opisanych wcześniej prac badawczych jest zbliżonych do przedstawionych w rozprawie. Chociażby z tego powodu artykuły te powinny być szczegółowo opisane i przedyskutowane w części literaturowej, a prezentowane wyniki otrzymane przez Doktoranta powinny być porównane z wynikami tam prezentowanymi (przykładowe artykuły; *Anti-Icing Performance of a Coating Based on Nano/Microsilica Particle-Filled Amino-Terminated PDMS-Modified Epoxy*, *Coatings* **2019**, 9, 771; doi:10.3390/coatings9120771 , *Robust epoxy-modified superhydrophobic coating for aircraft anti-icing systems*, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* **2021**, 628, 127377., *Superhydrophobic carbon nanotubes/epoxy nanocomposite coating by facile one-step spraying*, *Surface & Coatings Technology*, **2018**, 34, 115–23. i inne). Ze względu na aplikacyjny charakter prowadzonej przez doktoranta pracy w omawianym wstępie brakuje również opisu przykładów wielu patentów i zgłoszeń patentowych, tematem, których są metody formowania pasywnych powierzchni przeciwoblodzeniowych i sposoby ich stosowania (przykładowo; *Passive anti-icing and/or deicing systems EP365654A1*, *Environmentally friendly anti-icing US 5,772,912*, *Polymeric composition with anti-icing and self-cleaning properties US10851265B2* i inne).

W części wprowadzającej rozprawy należało również wyjaśnić czynniki wyboru zakresu badań i powody zawężenia ich do kompozytów z matrycą zbudowaną z usieciowanych żywic epoksydowych (choć jak wynika z wielu opublikowanych artykułów naukowych, z wielu powodów interesujące

wydają się być tego typu materiały, ale zawierające matryce z elastomerów silikonowych czy poliuretanowych).

W następnym rozdziale zatytułowanym „*Modyfikacja powierzchni - podłoża modelowe*” Autor przedstawia wyniki badań nad wyborem rodzaju optymalnego modyfikatora, powodującego możliwie silną hydrofobizację wybranych powierzchni. Do modyfikacji powierzchniowej wybrano szereg związków zawierającej w swojej budowie chemicznej fluorowane liniowe łańcuchy alkilowe. Dobre związki stosowane były w badaniach opisanych we wcześniejszych publikacjach innych autorów, gdzie użyto je jako skuteczne aktywne modyfikatory stosowane po uprzedniej reakcji z diaminami w sieciowaniu oligomerycznych diepoksydów, pozwalające na otrzymywanie hydrofobowych tworzyw. Autor wprowadził nazwy chemiczne zastosowanych modyfikatorów, ale dlaczego jedynie w języku angielskim? Zamieścił również ich uproszczone wzory chemiczne (tyle, że rysunki te występują w dalszej części pracy, a brak jest specjalnej informacji). Autor nie zamieścił natomiast opisu własności fizyko-chemicznych tych związków. Sama modyfikacja była bardzo prosta, polegała na zanurzeniu uprzednio oczyszczonych i aktywowanych plazmą próbek w roztworze wybranego związku i następnie osuszaniu ich powierzchni. Parametrem, który badano był kąt zwilżania wodą hydrofobowanej powierzchni próbki. Wynik był dość oczywisty (największa hydrofobowość powłok wykonanych z silanów). Pewne zdziwienie budzi jednak, większy kąt zwilżania w wypadku krótkich fluorowanych dioli, w porównaniu do analogicznych związków, o znacznie dłuższym łańcuchu, a więc i większej zawartości fluoru. Brak szczegółowej analizy morfologii powierzchni otrzymanych powłok, jak i gęstości depozycji zastosowanych związków nie pozwala na wytłumaczenie przyczyn zaobserwowanego zjawiska. Autorskie próby dyskusji wyników, niczego praktycznie nie wnoszą i są niezrozumiałe (przykładowe cytaty z tej części pracy, str.24; „...*Pozostałe próbki cechowały niskie wartości kątów zwilżania. Powodem mogła być niska zdolność wybranych związków chemicznych do modyfikacji podłoży modelowych, ponieważ zostały one wybrane do modyfikacji objętościowej żywic epoksydowych. W związku z powyższym zostały użyte do modyfikacji objętościowej żywic wybranych w dalszej części pracy.*”)

Następny rozdział został zatytułowany „*Wytwarzanie nanokompozytów - optymalizacja składu*”. Autor opisał tutaj proces sporządzania kompozytu polimerowego, następnie jego obróbkę powierzchniową piaskowaniem w celu zmiany morfologii powierzchni, a następnie końcową hydrofobizację poprzez nakładanie powłoki. Również i w tym rozdziale, występują obszernie fragmenty trudne do zrozumienia ze względu na stosowany fatalny styl i brak uporządkowania treści. Brak szczegółowej charakterystyki zastosowanych wypełniaczy (według autora, cytuję; „*nanonapełniacz w postaci gamma Al_2O_3 o rozmiarze 10 nm i mikronapełniacz .. mikro kule SiO_2 o rozmiarze 40-80 μm* ”), jak i metodyki przebiegu formowania nanokompozytu, oraz oceny jego końcowej morfologii powoduje, że wyniki optymalizacji składu kompozytu budzą dużą obawę o wiarygodność i powtarzalność. Tym bardziej, że w wypadku zmiany typu zastosowanej żywicy epoksydowej (a co za tym idzie powstania różnic w lepkości właściwej, stopnia zwilżania napełniacza i innych parametrów fizyko-chemicznych) wyniki te najprawdopodobniej będą inne. Drugie pytanie, na które trudno znaleźć odpowiedź, to dlaczego wybrano powyżej wybrane napełniacze, i tylko te? Podobne uwagi związane są z wynikami prób teksturyzacji powierzchni gotowego kompozytu, metodą piaskowania. Brak jest badań mogących pogłębić dokonane obserwacje, tłumaczyć przyczyny obserwowanych efektów w oparciu o konieczną

w takich wypadkach analizę morfologii powierzchni (wykorzystanie mikroskopii SEM, również TEM z powodu obecności nanowypełniacza, pożądaną byłaby również analiza topografii otrzymanych powierzchni). Nie można prowadzić takich badań, jedynie weryfikując wyniki na podstawie obserwacji kąta zwilżania powierzchni otrzymanych materiałów. Z tych powodów sugerowany optymalny skład kompozytu i sposób jego obróbki nie jest wynikiem budzącym zaufanie, tym bardziej, że nie próbowano zweryfikować stopnia powtarzalności właściwości wytwarzanych kompozytów.

Kolejne rozdziały przedstawiają najważniejsze wyniki prowadzonych badań opisujące przebieg formowania kompozytów zawierających modyfikowaną żywicę, jak i właściwości finalne tych materiałów. I w tej części pracy autor nie uniknął błędów składniowych i stylistycznych, znacznie utrudniających jej odbiór. Opisując proces formowania poszczególnych kompozytów, jak i modyfikacji żywicy autor nie wprowadza praktycznie żadnych danych dotyczących różnic w budowie chemicznej zastosowanych żywic i ich własności. Informuje jedynie o producencie i nazwach handlowych, pod którymi są oferowane na rynku, nie informując praktycznie o ich budowie chemicznej, średniej długości łańcucha i nie podaje innych ważnych parametrów. Dotyczy to również opisu stosowanych związków sieciujących. Modyfikację żywicy prowadzi poprzez wstępne zmieszanie stosowanych typowych związków sieciujących żywice epoksydowe (poliaminy) z związkami modyfikującymi (związki zawierające fluorowane łańcuchy alkilowe i zawierające końcowe grupy reaktywne, epoksydowe, hydroksylowe, karboksylowe). Uzyskany produkt stosuje jak substancję sieciującą, wprowadzając w ten sposób związki zawierające fluor do otrzymanego tworzywa. Niestety brak jest jakiegokolwiek próby badania reakcji pomiędzy aminami a związkami modyfikującymi zawierającymi grupy epoksydowe, w celu oceny przebiegu takiej reakcji i analizy powstałych produktów. Nie zamieszczono nawet hipotetycznych schematów prawdopodobnego przebiegu omawianych reakcji. Podobne pytania związane są w wypadku pozostałych związków modyfikujących zawierających grupy karboksylowe czy hydroksylowe. W wypadku tych związków mamy do czynienia z złożonymi układami inicjującymi reakcje sieciowania żywic epoksydowych (aminy, kwasy karboksylowe lub alkohole). Nie znając składu i zawartości grup aktywnych zarówno w żywicy, jak i tworzonych mieszankach trudno określić optymalną ilość tego produktu w reakcji sieciowania, z zachowaniem warunkującego optymalne własności finalnego materiału odpowiedniego stosunku stechiometrycznego pomiędzy ilością grup epoksydowych żywicy, a reagującym z nimi grupami karboksylowymi i aminowymi produktu sieciującego. Brak takich badań powoduje, że dokonana optymalizacja systemów sieciujących i modyfikujących żywice, może być dość przypadkowa, nakierunkowana jedynie na parametr związany z maksymalizacją własności hydrofobowych, nieuwzględniająca stopnia sieciowania i przereagowania stosowanego inicjatora otwarcia pierścieni epoksydowych żywic. Z tego powodu trudno powiedzieć czy zastosowane modyfikatory rzeczywiście wbudowane są w całości w sieć polimerową, czy raczej w dużej części mają charakter addytywny, jak również czy uzyskano właściwe, założone optymalne sieciowanie matrycy epoksydowej. Te parametry wpływają bezpośrednio na końcowe własności uzyskiwanych materiałów, możliwość migracji modyfikatora z czasem, jak i stabilność własności finalnego kompozytu w czasie. To zagadnienie zostało całkowicie pominięte w rozprawie.

Próbki modyfikowanych żywic poddano badaniom z wykorzystaniem techniki tłumionego całkowitego odbicia ATR-FTIR. Opis badań, wraz z analizą widm jest prawidłowy, natomiast dyskusja

otrzymanych wyników niestety niewiele wnosi. Co prawda Autor, na podstawie obecności sygnałów grup karbonylowych, oraz grup CF_2 uważa, cytując, „*że modyfikator wbudował się w chemiczną strukturę żywicy, co potwierdza również brak zmian w hydrofobowym charakterze próbek po piaskowaniu.*” Tak nie musi jednak być, obecność modyfikatorów jako składnika addytywnego (domieszki) zdyspergowanego w całej objętości tworzywa w obrazie analizy IR efekt będzie praktycznie bardzo podobny, oba sygnały będą występować i to w całej objętości próbki. Otrzymane wyniki sugerują natomiast, przynajmniej dla części próbek, o braku homogeniczności rozkładu modyfikatora, czego przyczyną z dużym prawdopodobieństwem jest właśnie jego występowanie w postaci domieszki i możliwość migracji. W celu wyjaśnienia tej ważnej kwestii należało przeprowadzić dodatkowe badania możliwości migracji modyfikatora, na przykład poprzez próby jego wymywania np. w środowisku dobranego rozpuszczalnika, który może w pewnym stopniu penetrować powierzchnię badanego materiału i odmywać niezwiązane chemicznie związki addytywne. Wyniki przeprowadzonych badań stabilności termicznej nie mogą wyjaśnić tej kwestii, ponieważ specyfika prowadzonego pomiaru powodować może w trakcie prowadzonego badania przereagowanie grup końcowych użytych modyfikatorów w wyższych temperaturach.

Próbki poddano również analizie kalorymetrii skaningowej DSC. Obserwowane efekty zmian temperatur przejść szklistych są w większości wypadków niewielkie, moim zdaniem jest to raczej efekt sieciowania termicznego, jaki zaszedł podczas pierwszego biegu, prawdopodobnie na drodze reakcji addytywnych dodatków zawierających grupy reaktywne. Można, więc otrzymać żywicę stabilną, zawierającą wbudowane w strukturę sieci polimerowej środki modyfikujące, ale po procesie wygrzewania prowadzonego w podwyższonej temperaturze. Niestety taki proces jest niemożliwy lub bardzo trudny technologicznie do przeprowadzenia w wypadku nakładania warstwy modyfikującej na obiekty już funkcjonujące (zresztą jak proponowane w późniejszej części rozprawy powtórne piaskowanie). Generalnie dyskusja wyników badań kalorymetrii DSC jest chaotyczna, przez to trudna do zrozumienia, wnioski w dużej mierze pochopne, dyskusyjne nieoparte przekonującymi wynikami.

W końcowej części pracy, autor przedstawił wyniki pomiarów kąta zwilżania powierzchni próbek modyfikowanych w porównaniu do próbek referencyjnych. Nie wiem, w jakich warunkach prowadzono te badania (brak szczegółowego opisu metodyki), ale powinny one być prowadzone w temperaturach zbliżonych do temperatury tworzenia się oblodzenia (zwilżalność jest zależna od temperatury powierzchni). Na podstawie analizy przedstawionych wyników można dostrzec, że wzrost własności hydrofobowych powierzchni badanych próbek generowany jest głównie poprzez tworzenie kompozytów z wybranymi wypełniaczami ziarnistymi i następnie obróbkę piaskowaniem. Wpływ modyfikacji samej żywicy wydaje się praktycznie mało znaczący. Wydaje się więc, że nie dodatek modyfikatora, a dodatek wypełniacza i piaskowanie ma zasadnicze znaczenie w przeprowadzonych badaniach. Prawdopodobnie kompozyt zawiera na powierzchni warstwę "naskórka z żywicy" i dlatego po piaskowaniu, zerwaniu warstwy polimerowej odsłaniają się ziarna napełniacza i następuje gwałtowna zmiana gładkości powierzchni (efekt ten należało zobrazować odpowiednimi badaniami, wyjaśniając przyczynę zjawiska). Ale dlaczego pomimo obecności modyfikatora w żywicy, wartości kąta zwilżania są praktycznie takie same, jak w próbkach referencyjnych? Należało poszukać bardziej aktywnego modyfikatora, lub zwiększyć ilości dotychczas stosowanych. Przedstawione w pracy odpowiedzi na te pytanie są

spekulacyjne i nie poparte żadnymi wynikami badań, cytuję „*Powodem może być mniejsza ilość modyfikatora w wierzchniej warstwie próbek, wynikająca z migracji cięższych cząsteczek modyfikatora w głąb próbki w trakcie procesu sieciowania, bądź struktura chemiczna modyfikatorów wpływająca na zachodzące reakcje chemiczne.*”

Prace kończą wyniki szeregu badań mających za zadanie ocenę przydatności opracowanych kompozytów jako materiału do formowania zewnętrznych warstw okrywających, przeciwdziałających oblodzeniu elementów skrzydeł samolotów i dronów czy turbin wiatraków. Były to badania starzeniowe, współczynnika tarcia, adhezji lodu, wytrzymałości na zginanie próbek wybranych kompozytów oraz pierwsze próby poligonowe przeprowadzone w tunelu aerodynamicznym i z użyciem niewielkiego drona. Stwierdzono, że pod wpływem degradacji środowiskowej powierzchniowa warstwa stosunkowo szybko traci własności hydrofobowe, co zapewne związane jest z silnymi zmianami morfologii powierzchni kompozytu zachodzącymi w wyniku depolimeryzacji matrycy. Według mnie silna zmiana morfologii powierzchni i powstanie typowych ubytków i spękań uruchamia zjawiska kapilarne, oraz zjawiska osmozy – przyczyny zaobserwowanego zjawiska silnego zwilżania powierzchni wodą. Należało to zaobserwować i wyjaśnić mechanizm zjawiska. Wykazane wyniki, stawiają kolejne pytanie - czy stosowanie perfluorowanych modyfikatorów nie jest przyczyną zaobserwowanej bardzo silnej podatności żywicy na degradację wywołaną promieniowaniem słonecznym? Konieczne staje się więc stosowanie stabilizatorów UV, ale brak jest badań, jakie rodzaje takich związków są aktywne w obecności dodanych modyfikatorów. Tutaj należało wykonać szereg badań, w celu próby uzyskania modyfikatora jednocześnie zabezpieczającego matrycę polimerową przed destrukcją wywołaną promieniowaniem UV i powodującego zwiększoną hydrofobowość. Autor zamiast przeprowadzić chociaż wstępne próby w celu wyjaśnienia mechanizmu zjawiska i możliwości jego eliminacji, jedynie stwierdził, że po ponownym piaskowaniu i zdarcie zdegradowanej warstwy uzyskuje się wyjściową podwyższoną hydrofobowość, twierdząc, że procedura taka jest rozwiązaniem korzystnym technologicznie. W przeprowadzonych badaniach wytrzymałości mechanicznej, brakuje badania nieodzownego dla poznania możliwości aplikacji tego kompozytu – pomiaru siły adhezji utworzonej warstwy kompozytu do materiałów, z których wytwarzane są skrzydła dronów, powierzchnie natarcia skrzydeł samolotów, czy śmigła wiatraków, oraz podstawowych badań zmęczeniowych. Badania takie były by znacznie bardziej cenne w poznaniu zachowania się kompozytów w warunkach aplikacyjnych, niż wyrwykowe, krótkotrwałe i pojedyncze badania poligonowe.

Wbrew tytułowi, na podstawie opisanych wyników badań i podjętych wniosków trudno jest metodą przyjętą przez autora stworzyć kompozyty o zmiennych programowanych własnościach. Brak jest udokumentowanej możliwości regulowania właściwości hydrofobowych kompozytu jego składem, czy innymi parametrami związanymi z ich formowaniem czy przetwórstwem.

4. Ocena formalnej strony pracy

Dokonując oceny formalnej recenzowanej rozprawy stwierdzam, że zawiera ona bardzo wiele błędów merytorycznych, interpretacyjnych czy nawet gramatycznych. W tekście nadzwyczaj często występują błędy stylistyczne, przez co jest on trudny do zrozumienia. Strona redakcyjna budzi również

duże zastrzeżenia. Brak jest rozdziału poświęconego szczegółowym opisom własności i pochodzenia materiałów stosowanych w badaniach, a przede wszystkim szczegółowych opisów stosowanej metodologii badań. Niedopuszczalne jest również częste stosowanie nazewnictwa żargonowego, zamiast powszechnie przyjętego naukowego.

5. Końcowa konkluzja

Po szczegółowej analizie tekstu pracy, stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. Michała Piłkowskiego p.t. „Wytwarzanie nanokompozytów o zaprojektowanych właściwościach hydrofobowych i niskiej adhezji lodu” - nie wykazuje odpowiedniego poziomu naukowego i edytorskiego stawianego ustawowo i zwyczajowo pracom doktorskim publikowanym w obszarze dyscypliny nauki chemiczne czy technologii chemicznej. Trudno dopatrzeć się w niej elementów świadczących o wzbogaceniu wiedzy dotyczącej polimerów czy kompozytów polimerowych. Dysertacja ta, chociażby ze względu na bardzo wąski i pobieżny przegląd literaturowy, nie może również przekonać, że autor posiadał dostateczną wiedzę związaną z dyscypliną chemia, w zakresie kompozytów polimerowych. Ze względu na dużą ilość pytań, jakie powstają podczas lektury pracy, związanych z brakiem wyjaśnienia dużej liczby obserwowanych zjawisk widać, iż Doktorant nie potrafił właściwie zaplanować eksperymentów, w razie potrzeby korygować plan pracy w celu wyjaśnienia zaistniałych problemów badawczych oraz wyciągać trafnych i praktycznych wniosków z kolejnych faz badań. Wszystko to zaowocowało słabym poziomem opracowania i dyskusji naukowej uzyskanych wyników, jak również finalnych wniosków. Zdecydowało to również o niskim jej poziomie naukowym.

A zatem recenzowana praca nie spełnia, zgodnie z "Ustawą o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz o Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki", z dnia 14 marca 2003 roku wraz ze zmianami, warunki stawiane rozprawom doktorskim. W tej sytuacji nie rekomenduję Radzie Dyscypliny Naukowej Nauki Chemiczne Politechniki Wrocławskiej przyjęcia tej rozprawy doktorskiej w przedstawionej formie oraz dopuszczenia do dalszego procedowania jej obrony.

