

STRESZCZENIE

Fotokatalityczne mieszanki mineralne wpisują się w tendencję zrównoważonego budownictwa. Częstki fotokatalizatora zawarte w matrycy lub na powierzchni materiału budowlanego mogą nadawać właściwości samooczyszczające i oczyszczające powietrze wyprawom tynkarskim, blozkom betonowym, kamieniom budowlanym. Dotychczasowe prace badawcze koncentrowały się na wprowadzaniu fotokatalizatora TiO_2 głównie do materiałów cementowych, z uwagi na możliwość aktywacji TiO_2 promieniowaniem ultrafioletowym zawartym w promieniowaniu słonecznym. Jednak syntezowane nowe modyfikowane fotokatalizatory mogą być wzbudzane także promieniowaniem widzialnym, obecnym we wnętrzach pomieszczeń. Zasadnym staje się więc analiza fotokatalitycznych materiałów budowlanych dedykowanych do wnętrz budynków, a temat ten jest w bardzo małym stopniu rozpoznany w literaturze.

Rozprawa doktorska podejmuje problematykę wzbogacania materiałów gipsowych w częstki fotokatalityczne oparte na ditlenku tytanu. W pracy podjęto się zadania uzyskania modyfikowanych materiałów gipsowych odznaczających się równocześnie właściwościami samooczyszczającymi i oczyszczającymi powietrze oraz dobrymi parametrami technicznymi. Analizowano wpływ fotokatalizatora komercyjnego i szeregu fotokatalizatorów modyfikowanych azotem i węglem, różniących się właściwościami fizykochemicznymi, na właściwości zarówno spoiwa gipsowego, jak i mieszanek gipsowych. Różnicowano dawkę fotokatalizatorów oraz stosowano dodatkowe składniki mieszanki, takie jak superplastyfikator i włókno szklane.

W części badawczej dysertacji scharakteryzowano szczegółowo otrzymane mieszanki pod względem parametrów technicznych, takich jak konsystencja, czas wiązania, parametry wytrzymałościowe, przyczepność, skurcz, oraz parametrów fotokatalitycznych w kierunku usuwania tlenków azotu z powietrza i samooczyszczania z modelowych barwników naniesionych na powierzchnie stwardniałych zapraw. Parametry fizykochemiczne stosowanych fotokatalizatorów determinowały cechy materiałów gipsowych zarówno w stanie zaczynów/zapraw świeżych, w czasie dojrzewania oraz stwardniałych wyrobów gipsowych.

Przeprowadzone badania własne można podzielić na trzy etapy. W pierwszym etapie wykonano szereg analiz rozpoznawczych na próbkach w małej skali, gdzie matrycę budowlaną stanowiło spoiwo gipsowe. Różnicowano rodzaj spoiwa, rodzaj fotokatalizatora, dawkę fotokatalizatora, źródło promieniowania. W drugim etapie przeprowadzono badania

standardowe, według wytycznych normowych, tynków gipsowych wzbogaconych w wybrane fotokatalizatory. Trzeci etap stanowiło poszukiwanie rozwiązań i zastosowanie dodatkowych składników mieszanek, które poprawią parametry techniczne, szczególnie wytrzymałościowe, fotokatalitycznych tynków gipsowych.

Okazało się, że na parametry mechaniczne i użytkowe gipsów wpływa rodzaj fazy krystalicznej i wielkość krystalitów TiO_2 . Wodożądność zapraw gipsowych zależna jest w dużym stopniu od powierzchni zewnętrznej fotokatalizatorów, a nie od ich powierzchni właściwej. Obecność fotokatalizatora w matrycy gipsowej wpływa na zagęszczenie konsystencji, skrócenie czasu wiązania i obniżenie cech wytrzymałościowych materiałów gipsowych. Jednak wpływ ten występuje w znacznie mniejszym stopniu przy zastosowaniu modyfikowanych TiO_2 w porównaniu do fotokatalizatora komercyjnego P25. Ponadto zastosowanie modyfikowanego fotokatalizatora pozwala uzyskać wysoką efektywność oczyszczania zarówno pod działaniem promieniowania UV, jak i światła widzialnego. Odnotowano wyraźny wpływ obecności cząstek fotokatalitycznych na ograniczenie zmian skurczowych twardniejących zapraw. Tynki gipsowe zawierające fotokatalizator odznaczały się wymaganą przyczepnością do podłoża: betonowego, cegły ceramicznej, bloczka silikatowego i płyty gipsowo-kartonowej. Rozerwania od podłoża miały charakter kohezyjny i następowały w materiale podłoża lub zaprawy. Najbardziej obiecujące właściwości końcowego produktu gipsowego uzyskano stosując obok fotokatalizatora modyfikowanego, także superplastyfikator, ograniczający ilość wody zarobowej, oraz włókno szklane, wykazujące zarówno funkcję zbrojeniową, jak i wywołujące efekt synergiczny z cząstkami fotokatalizatora w kierunku intensyfikacji działania fotokatalitycznego.

Kamila Zając 6.05.2020r.

ABSTRACT

Photocatalytic building mixtures fit perfectly with the concept of sustainable construction. Namely, the photocatalytic building materials show the self-cleaning properties and the ability to de-pollute air. Particles of photocatalysts are incorporated into the building material mass or immobilized onto the building material surface. Up to now, the cement and concrete materials have been intensively studied as a building matrix for the photocatalytic action. The scientific concentration on the cement mortars, concrete blocks or building stones resulted from their outdoor intended use. The base form of TiO_2 can be activated only by ultraviolet irradiation, which is contained in the sunlight. However, the new synthesized modified photocatalysts can be also activated by commonly available visible irradiation, which is present in the interior of the rooms. It seems that the studies of the photocatalytic building materials dedicated to the interior of buildings is highly justified. The research issue is poorly recognized in the scientific literature.

In this PhD thesis, gypsum materials enriched with the photocatalytic particles based on the titanium dioxide were presented. The aim of this work was to obtain the modified gypsum materials with the purifying and self-cleaning properties and the good technical parameters simultaneously. It was applied the commercial photocatalyst and numerous photocatalysts modified with a nitrogen and carbon, differing in the physicochemical properties. The influence of these photocatalysts on the parameters of gypsum binder as well as gypsum mixtures was analyzed in detail. The doses of the photocatalysts were differentiated and the additional components, such as a superplasticizer and a glass fiber, were incorporated into the gypsum matrix.

In this dissertation the obtained mixtures were characterized in detail towards the following technical parameters: consistency, setting time, flexural and compressive strength, adhesion, shrinkage as well as the photocatalytic properties were taken into account: the removal of nitrogen oxides from the air and the self-cleaning abilities during degradation of model dyes from the mortars surfaces. The mechanical and functional features of the modified gypsum materials were determined by the physicochemical parameters of the applied photocatalysts. It refers to the fresh mortars, the mortars during curing and the hardened mortars.

The conducted research can be divided into three stages. The first stage involved many initial analyses using the small scale samples. As a building matrix was applied the gypsum

binder. The type of binder, the type and dose of photocatalyst, and the irradiation source were differentiated. In the second stage the studies were carried out according to the normal standards. In this part of research the gypsum plaster was enriched with the selected photocatalysts. During the third stage the special attention was paid to find the additional components of mixtures in order to improve technical parameters of photocatalytic gypsum plasters, especially the strength characteristic.

It appeared that the type of the TiO_2 crystalline phase and the size of TiO_2 crystallites can influence on the mechanical and functional parameters of gypsum materials. The water demand of gypsum mortars depends a lot on the external surface area of photocatalysts, not on the total surface area of them. The presence of a photocatalyst in gypsum matrix involves the thickening of consistency, the shortening of setting time and the decrease of strength characteristic of the gypsum materials. However, using the modified TiO_2 the influence occurs to a much lesser extent in comparison to the commercial photocatalyst P25. Moreover, the modified photocatalyst allows achieving a high photocatalytic effectiveness under the UV irradiation and visible light. It was found that the presence of photocatalytic particles in gypsum matrix has the positive effect on the limited shrinkage of the hardening mortars. The gypsum mortars containing the photocatalysts show the required adhesion to the different surfaces: the concrete base, the ceramic brick, the sand-lime block and the gypsum plasterboard. The detachments are cohesive and take place in the substrate or in the mortar material. The most promising properties of the final gypsum product was recognized for the gypsum mortar with combined effect of three additives: the modified photocatalyst, the superplasticizer, as a water-reducing agent, and the glass fiber, showing the reinforcement function and having the synergistic effect with photocatalyst particles towards intensification of the photocatalytic action.

Kamila Zajac 6.05.2020r.



Dr hab. inż. Tomasz Z. Błaszczyński Prof. PP
Politechnika Poznańska
60-965 Poznań, ul. Piotrowo 5

Poznań, dnia 30 października 2020 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej dr inż. Kamili Zając
pt.: „Wpływ własności fizykochemicznych fotokatalizatorów na bazie TiO_2 na
parametry mechaniczne modyfikowanych gipsów”

Recenzję opracowano na podstawie zlecenia Dziekana Wydziału Budownictwa i Architektury Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie z dnia 2.07.2020r.

1. WSTĘP

Intensywny wzrost gospodarczy, który jest obecny w wymiarze globalnym, uzasadnia scenariusze zrównoważonego rozwoju. Nasuwa się pytanie: Czy ten scenariusz jest dla człowieka koniecznością, czy też modą, która skłania go do bycia „eko”? Niewątpliwie istnieje potrzeba znalezienia alternatywnego, bardziej świadomego podejścia do rozwoju świata, chociażby dla kolejnych pokoleń. Według danych uzyskiwanych przez niezależne komisje badające problem globalnego ocieplenia ilość wytwarzanego gazu cieplarnianego jest z każdym rokiem coraz większa. Wiele różnych urządzeń gospodarstwa domowego, pieców, zakładów przemysłowych i samochodów znajduje się na terenie każdego miasta. Klimat miasta należy, zatem omawiać osobno, jako szczególny rodzaj klimatu lokalnego. Wielkie miasta w porównaniu z terenami je otaczającymi dostarczają znacznie więcej ciepła do atmosfery. Powoduje to powstawanie na takich obszarach zjawiska „miejskiej wyspy ciepła”. Na obszarach zurbanizowanych do powietrza są emitowane zarówno substancje organiczne (np. benzen, rozpuszczalniki, węglowodory), jak też nieorganiczne. Choć niektóre z substancji organicznych są rakotwórcze i niebezpieczne dla zdrowia ludzkiego, to z drugiej strony nie stanowią zagrożenia dla całego ekosystemu Ziemi w skali globalnej. Tlenki azotu

(NO_x) odgrywają obecnie szczególną rolę wśród substancji szkodliwych. Dotyczy to z jednej strony potencjalnego ryzyka dla ludzi i przyrody, jak i nadal zwiększającej się ich koncentracji. Największym źródłem NO_x jest transport. Ponad 60% tych związków pochodzi z silników spalinowych. Redukcja substancji szkodliwych może dokonać się dzięki bezpośredniej ingerencji w infrastrukturę transportową. W związku z tym w krajach Unii Europejskiej już w 1999r. wprowadzono pierwszą Dyrektywę ograniczającą wartości dopuszczalne dla dwutlenku siarki, dwutlenku azotu i tlenków azotu oraz pyłu i ołowiu w otaczającym powietrzu. Z drugiej strony w dzisiejszych czasach trudno liczyć na ograniczenie infrastruktury transportowej i komunikacyjnej. W związku z tym należy znaleźć inną drogę. Taką drogą jest wykorzystanie zjawiska fotokatalizy. Zaawansowane technologicznie powłoki fotokatalityczne z użyciem TiO₂ mają mocne właściwości samoczyszczące, superhydrofilowe, bakteriobójcze, antystatyczne, dezodoryzujące, czyszczące powietrze i są mocnym filtrem UV. Użyte produkty fotokatalityczne znacząco hamują rozwój wirusów, bakterii, pleśni i grzybów. Mają godną polecenia skuteczność w walce z rozwojem wielu schorzeń i uczuleń. Doskonale sprawdzają się tam gdzie wymagana jest sterylność. Produkty fotokatalityczne rozkładają szkodliwe gazy organiczne i nieorganiczne. Ich zastosowanie uwalnia środowisko życia człowieka od uciążliwych i szkodliwych odorów. Fotokataliza nie tylko umożliwia reakcje chemiczne, ale także może przyspieszać ich przebieg pod wpływem światła. Produkty fotokatalityczne wykorzystują ten proces do utleniania zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych zawartych w powietrzu i osadzonych na powierzchniach elementów budowlanych. Szkodliwe substancje są przekształcone w nieszkodliwe azotany i węglany. Proces fotokatalizy zachodzi nie tylko przy bezpośrednim naświetleniu, lecz również przy świetle odbitym. W związku z tym, że na powierzchniach budowli osadzają się zanieczyszczenia i rozwijają mikroorganizmy, to produkty fotokatalityczne rozkładają je powstrzymując osadzanie brudu i ułatwiają wymywanie go. Produkty fotokatalityczne efektywnie i w sposób ciągły eliminują trujące zanieczyszczenia gazowe z otaczającego nas powietrza, co polepsza jakość życia i zmniejsza zapadalność na choroby cywilizacyjne.

W związku z powyższym należy podkreślić, że tematyka rozprawy dotyczy jednego z najnowszych kierunków intensywnie rozwijanego w ostatnich latach, a tym samym jest zgodna z aktualnymi kierunkami badań.

2. PRZEDMIOT I ZAWARTOŚĆ ROZPRAWY

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska dr inż. Kamili Zając pt.: „Wpływ własności fizykochemicznych fotokatalizatorów na bazie TiO_2 na parametry mechaniczne modyfikowanych gipsów”. Promotorem rozprawy jest dr hab. Magdalena Janus prof. ZUT, a promotorem pomocniczym jest dr inż. Teresa Rucińska. Rozprawa ma charakter badawczy i liczy łącznie 215 stron, wraz z siedmioma załącznikami. Składa się z 14 rozdziałów, rozpoczyna ją wykaz ważniejszych oznaczeń stosowanych w pracy, a kończą wnioski, proponowane kierunki dalszych badań, streszczenia w języku polskim i angielskim oraz obejmuje ona:

- Część wstępną: Wprowadzenie i analiza literatury przedmiotu (4 podrozdziały – 53 strony maszynopisu),
- Program i metodykę prowadzonych badań (6 podrozdziałów – 25 stron maszynopisu),
- Wyniki i analiza badań laboratoryjnych (4 podrozdziały – 85 stron maszynopisu).

Po analizie literatury przedmiotu przedstawiono genezę i sformułowano tezę, cel oraz zakres rozprawy.

W części metodologicznej przedstawiono charakterystykę stosowanych materiałów i mieszanek gipsowych, podano program i metodykę badań własnych, z rozbiciem na badania właściwości fizykochemicznych, badania parametrów technicznych i badania właściwości samoczyszczących oraz oczyszczających powietrze.

W rozdziałach 11-14 zawarto wyniki badań własnych wraz z ich analizą dotyczące modyfikowanych spoiw i tynków gipsowych, zbrojonych i niezbrojonych oraz z dodatkiem superplastyfikatorów i bez nich.

W rozdziale 11 zawarto wyniki badań własnych wraz z ich analizą dotyczące badań na próbkach w małej skali, które służyły do wstępnego rozpoznania zasadności prowadzenia badań w kierunku modyfikacji materiałów gipsowych poprzez dodatek lub domieszkę fotokatalizatora.

W rozdziale 12 zawarto bardzo ciekawe praktyczne badania i analizy na bazie wybranego tynku gipsowego (jako matrycy). Jako domieszki stosowano reprezentatywne fotokatalizatory, wybrane na podstawie badań wstępnych oraz komercyjny fotokatalizator P25.

W rozdziale 13 przebadano fotokatalityczne tynki gipsowe zbrojone włóknem szklanym, a w rozdziale 14 przebadano fotokatalityczne tynki gipsowe z domieszką superplastyfikatora.

Należy podkreślić bardzo szeroki i przemyślany program badań, który doktorantka zawarła w trzech blokach badawczych: badań na próbkach w małej skali, badań standardowych i badań z komponentami polepszającymi parametry techniczne. W tej części doktorantka przedstawiła również założone rezultaty dla każdego bloku, które w pełni osiągnęła.

Po zapoznaniu się z recenzowaną rozprawą doktorską stwierdzam, że jej treść jest w zgodzie z tytułem, a przyjęty układ treści jest typowy dla prac o charakterze badawczym. Rozprawa została napisana poprawną polszczyzną, zilustrowano ją wystarczającą liczbą rysunków i tablic. Strona graficzna rozprawy nie budzi większych zastrzeżeń. Dobór pozycji bibliograficznych jest trafny i można go uważać za wystarczający. Oryginalną część rozprawy stanowią rozdziały od 5 do 14.

Bibliografia załączona do pracy zawiera 259 pozycji, z czego 246 to pozycje książkowe, referaty i artykuły z prasy naukowo-technicznej, a pozostałe pozycje to dyrektywy, rozporządzenia i normy. W całej bibliografii jest 66 pozycji w języku polskim i aż 164 pozycje w języku angielskim. Niestety bibliografia została tu niefortunnie nazwana literaturą, która jest pojęciem szerszym obejmującym literaturę przedmiotu, czyli bibliografię i literaturę zalecaną. Dodatkowo należy zaznaczyć, że pozycje bibliograficznych wydanych po roku 2000 jest aż 91% bibliografii.

W pracy przedstawiono jedną podstawową tezę.

3. MERYTORYCZNA OCENA ROZPRAWY

Od razu i jednoznacznie stwierdzam, że opiniowaną rozprawę dr inż. Kamili Zając oceniam wysoce pozytywnie. Chciałbym to uzasadnić następującymi, ujętymi w punktach argumentami.

3.1. Przystępując do oceny doboru tematu i postawionego celu należy zauważyć, że bardzo dobrze się on wpisuje w realizowane na bazie ostatnich Dyrektyw Europejskich i tendencji rozwojowych scenariusze zrównoważonego rozwoju. W tym obszarze tematycznym, pomimo prowadzenia badań naukowych w różnych ośrodkach krajowych i zagranicznych, istnieje wiele niewiadomych w literaturze przedmiotu, spowodowanych nie tylko niesystematycznością i wybiórczością prowadzonych badań, ale też dokonującym się ciągłym postępem w inżynierii materiałowej i w technice. Dlatego należy jednoznacznie powiedzieć, że temat recenzowanej rozprawy doktorskiej wpisuje

się bardzo dobrze w sygnalizowany obszar tematyczny. Ponadto należy podkreślić, że postawienie na rozwój materiałów fotokatalitycznych jest jedynym słusznym i efektywnym kierunkiem w walce ze smogiem.

- 3.2. W rozprawie sformułowano jedną tezę, która w mojej opinii jest trochę ogólna jednak oryginalna, a zrealizowany zakres badań doświadczalnych oraz przeprowadzone w rozprawie analizy i rozważania potwierdzają jej prawdziwość.
- 3.2. Zrealizowane przez doktorantkę własne badania doświadczalne zostały zaplanowane właściwie, z punktu założonego celu i sformułowanej tezy. Metodyka badań nie budzi większych zastrzeżeń. Badania zostały moim zdaniem wystarczająco opisane i bardzo dobrze udokumentowane. Uzyskane zostały wartościowe rezultaty, które Autorka przedstawiła w sposób jasny i czytelny w formie graficznej i tabelarycznej. W mojej opinii przeprowadzona została poprawna interpretacja i krytyczna analiza uzyskanych rezultatów, która stanowiła podstawę do sformułowania właściwych wniosków.
- 3.3. Obszerny program badawczy został konsekwentnie i bardzo kompetentnie zrealizowany, a wyniki badań są czytelnie przedstawione oraz wnikliwie i należycie zinterpretowane. Wszystko to świadczy o dojrzałości badawczej doktorantki.
- 3.4. Uzyskane wyniki pozwoliły na sformułowanie znaczących wniosków. Doktorantka szczegółowo przeanalizowała możliwość otrzymania modyfikowanych materiałów gipsowych odznaczających się zarówno aktywnością fotokatalityczną w kierunku samooczyszczania i usuwania zanieczyszczeń z powietrza, jak i odpowiednimi parametrami mechanicznymi i użytkowymi.
- 3.5. Do oryginalnych osiągnięć doktorantki niewątpliwie zaliczyć trzeba:
- opracowanie oryginalnego programu badań doświadczalnych i konsekwentne jego zrealizowanie, w efekcie czego uzyskano szereg wartościowych wyników przyczyniających się do rozszerzenia wiedzy w temacie objętym rozprawą;
 - wykazanie na drodze eksperymentalnej, że wyroby gipsowe zawierające fotokatalizatory o wysokim udziale fazy rutowej i niższym udziale fazy anatazowej odznaczają się wyższą wytrzymałością mechaniczną, czemu również sprzyja wzrost wielkości kryształitów fotokatalizatora;
 - wykazanie na drodze eksperymentalnej, że materiały gipsowe wzbogacone w cząsteczki fotokatalizatora wykazują aktywność w kierunku oczyszczania powietrza

- oraz samooczyszczania, co wykazano przy zastosowaniu modelowych zanieczyszczeń, odpowiednio NO_x oraz barwników organicznych;
- wykazanie na podstawie przeprowadzonych eksperymentów, że wprowadzenie modyfikowanych form TiO₂ do matryc gipsowych nadaje tym materiałom właściwości fotokatalityczne nie tylko pod działaniem promieniowania UV, ale także powszechnie występującego promieniowania widzialnego; utrzymanie cech fotokatalitycznych w czasie zostało potwierdzone w kilku następujących po sobie cyklach;
 - wykazanie na podstawie przeprowadzonych eksperymentów, że wzrost dawki fotokatalizatora w matrycy gipsowej powoduje zwiększenie efektywności fotokatalitycznego działania stwardniałego wyrobu; jednak stosowanie dodatku fotokatalizatora powyżej 5% wag. wpływa na pogorszenie parametrów technicznych przy jednoczesnym niewielkim dalszym wzroście aktywności również rodzaj modyfikacji fotokatalizatora TiO₂ korzystnie oddziałujący na aktywność fotokatalityczną często nie pokrywa się ze sprzyjającym wpływem na parametry mechaniczne materiału gipsowego;
 - wykazanie na drodze doświadczalnej, że uporządkowanie cech wytrzymałościowych modyfikowanych materiałów gipsowych, w zależności od temperatury kalcynacji dodawanego fotokatalizatora, w zakresie 100 - 800°C, przebiega w odwrotnej kolejności niż uporządkowanie wynikające z efektywności działania fotokatalitycznego;
 - uzyskano na bazie badań, że wytrzymałość na zginanie i ściskanie materiałów gipsowych ulega obniżeniu po dodaniu fotokatalizatora, jednakże w większym stopniu wpływ ten występuje pod obciążeniami ściskającymi niż zginającymi; w trakcie badań znacznie mniejsze spadki cech wytrzymałościowych uzyskano z udziałem fotokatalizatora modyfikowanego przez doktorantkę TiO₂/N niż komercyjnego TiO₂ P25.

4. UWAGI OGÓLNE

Pozytywna ocena opiniowanej rozprawy nie oznacza, że nie można w odniesieniu do niej sformułować uwag krytycznych czy raczej dyskusyjnych, które przedstawiono poniżej.

- 4.1. Praca dotyczy produktów gipsowych modyfikowanych fotokatalizatorami na bazie TiO_2 , co ogranicza zastosowanie tych produktów do wnętrz obiektów, ze względu na ich zbyt dużą nasiąkliwość oraz niską mrozoodporność. Z tego punktu widzenia zrozumiałe są badania nad stopniem usunięcia barwników i w pewnym sensie również oczyszczania powietrza z tlenków azotu (NO_x -sów). Jednakże parametr aktywności usuwania NO_x -sów z powietrza jest bardzo pożądanym, ale w przypadku powłok zewnętrznych, gdzie jest to poważnym problemem. W przypadku powłok wewnętrznych bardziej pożądane są właściwości bakteriobójcze, antystatyczne, dezodoryzujące, czyszczące powietrze oraz hamowanie rozwoju wirusów, bakterii, pleśni i grzybów. W związku z tym nasuwa się pytanie: jak można wykonane badania wykorzystać do prognozowania powyższych właściwości?
- 4.2. Co było przyczyną przyjęcia modelowego zanieczyszczenia tlenkiem azotu w stężeniu 2 ppm, gdy zanieczyszczenia w śródmieściach największych metropolii sięgają 0,3-0,5 ppm (300-500 ppb)?
- 4.3. Autorka równoważnie traktuje modyfikację fotokatalizatorami na bazie TiO_2 w masie i w warstwie powierzchniowej. Czym to doktorantka tłumaczy? Moim zdaniem znacznie wyraźniejszy jest efekt samooczyszczający w przypadku rozwiązań powierzchniowych (np. farb), na co wskazują m.in. badania prof. H. Kisha z zespołem, gdzie w przypadku zanieczyszczenia powietrza na poziomie 150 ppb (0,15 ppm) otrzymano efekt oczyszczenia do 20 ppb (0,02 ppm), czyli 7,5-krotny.
- 4.4. Bardzo cenne jest, że doktorantce udało się uzyskać stabilność fotokatalityczną swoich produktów, bo to ona jest tu chyba najważniejsza, gdyż decyduje o trwałości zastosowanego rozwiązania. W tym kontekście warto wrócić do zagadnienia modyfikacji fotokatalizatorami na bazie TiO_2 w masie i w warstwie powierzchniowej. Bardzo dobrym przykładem będzie porównanie dwóch obiektów znajdujących się w Rzymie i zaprojektowanych przez Richarda Meiera. Pierwszy to kościół Dives in Misericordia Tor Tre Teste oddany do użytku w roku 2003, a drugim to Museum Ara Pacis oddany do użytku w roku 2006. Pierwszy był obiektem, gdzie zastosowano modyfikację w masie, a w drugim zastosowano samoczyszczącą farbę elewacyjną. W roku 2006 oba obiekty wyglądały następująco:



A w roku 2017 jak poniżej:



5. UWAGI SZCZEGÓŁOWE

Praca jest napisana ładną polszczyzną i starannie wymedytowana, jednakże warto zwrócić uwagę na niektóre błędy, których się doktorantka nie ustrzegła.

- 5.1. Trochę widać brak konsekwencji u doktorantki w zastosowanym wykazie oznaczeń np. siły ściskającą i odrywającą doktorantka oznacza F_C i F_U , a maksymalną siłę potrzebną do złamania próbki oznacza jako P_{max} . Tym samym oznaczeniem P oznacza również wytrzymałość na zginanie P_F oraz komercyjny ditlenek tytanu P25, w tym samym czasie oznaczając wytrzymałość na ściskanie jako R_C , a na odrywanie jako R_U , natomiast poziom rozkładu barwnika jako R_E , gdy ogólnie przyjętym skrótem dla siły jest F , a dla wytrzymałości R . Natomiast superplastyfikatora pokarbidowy to PC, a superplastyfikator oznaczyła jako S, w tym samym czasie przyjęła oznaczenie dla superplastyfikatora sulfonowego to SMF.
- 5.2. Doktorantka dość swobodnie i wymiennie używa pojęcia „cząstka” i „cząsteczka”. Należy podkreślić, że **cząsteczka** to neutralna elektrycznie grupa dwóch lub więcej atomów utrzymywanych razem kowalencyjnym wiązaniem chemicznym, a **cząstka** to niewielki fragment materii. W fizyce oraz chemii słowa *cząstka* i *cząsteczka* mają różne znaczenia – cząsteczka jest grupą atomów połączonych wiązaniami chemicznymi, natomiast cząstka jest pojęciem ogólniejszym i zawierającym w sobie cząsteczkę. Tak samo jest w innych językach np. angielskim, gdzie również mamy dwa różne pojęcia *molekule* i *particie*.
- 5.3. Przedstawiony na str. 38 rysunek 2.9 chyba pochodzi z pozycji [85], co chyba umknęło doktorantce.
- 5.4. W niektórych miejscach doktorantka równie mało konsekwentnie podchodzi do przygotowanej bibliografii. Jednym razem odwołuje się do całej książki wieloautorskiej cytując np. rysunek z jednego z podrozdziałów (np. Rysunek 1.3) drugim razem przywołuje w tekście na str. 17 podrozdział z tej książki, jako podrozdział poz. [17].

6. PODSUMOWANIE I WNIOSEK KOŃCOWY

Opiniowana rozprawa doktorska dr inż. Kamili Zając rozwiązuje oryginalne zadanie naukowe dotyczące materiałów gipsowych wzbogaconych o zaprojektowane przez siebie cząsteczki fotokatalizatora, które wykazują aktywność w kierunku oczyszczania powietrza oraz samooczyszczania.

Stwierdzam, że sformułowane w rozprawie cel i teza są zasadne i oryginalne. Cel został osiągnięty, a teza udowodniona.

Autorka rozprawy wykazała się wystarczającą znajomością aktualnego stanu wiedzy w zakresie objętym tematem, umiejętnością programowania i prowadzenia badań doświadczalnych. Zrealizowała moim zdaniem obszerny zakres badań, otrzymała oryginalne i wartościowe rezultaty, które przeanalizowała i krytycznie oceniła oraz sformułowała poprawne wnioski. Świadczy to o Jej dobrym przygotowaniu i predyspozycjach do samodzielnego prowadzenia prac naukowo – badawczych.

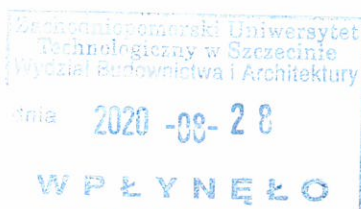
Uwagi krytyczne zawarte w punkcie 4 i 5 recenzji nie obniżają wartości merytorycznej i ogólnej pozytywnej oceny rozprawy. Mają one charakter dyskusyjny, ale też i porządkowy i powinny pomóc Autorce podczas przygotowywania dalszych artykułów do czasopism naukowych.

W mojej opinii rozprawa wnosi w przedmiotowym temacie istotny twórczy wkład w rozwój wiedzy w dyscyplinie uprawianej przez Autorkę, mając znaczenie naukowe i również aplikacyjne.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, iż recenzowana rozprawa spełnia wymogi ustawowe stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie z dnia 3 lipca 2018r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. poz. 1669), art. 14 ust. 1 pkt. 1, ust. 2 pkt 2 ustawy z dnia 14.03.2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późn. zm.) oraz rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim ...(Dz. U. poz. 261) i w związku z tym wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony oraz o jej wyróżnienie. Za wyróżnieniem rozprawy przemawiają moim zdaniem bardzo dobrze opisane i udokumentowane badania eksperymentalne, uzyskane wartościowe rezultaty oraz duże znaczenie aplikacyjne uzyskanych rezultatów badań.



prof. dr hab. inż. Paweł Łukowski
Wydział Inżynierii Lądowej
Politechnika Warszawska



Warszawa, 2020-08-26

Recenzja rozprawy doktorskiej dr inż. Kamili Zajęc

p.t. „Wpływ własności fizykochemicznych fotokatalizatorów na bazie TiO_2 na parametry mechaniczne modyfikowanych gipsów”

1. Podstawa formalna recenzji

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi pismo nr WBiA – SD/187/2020 z dnia 2.07.2020, w którym Dziekan Wydziału Budownictwa i Architektury Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, pani prof. dr hab. inż. Maria Kaszyńska, informuje o powołaniu mnie przez Senat ZUT na recenzenta rozprawy doktorskiej jak w tytule.

2. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska pod tytułem „Wpływ własności fizykochemicznych fotokatalizatorów na bazie TiO_2 na parametry mechaniczne modyfikowanych gipsów”, przygotowana na Wydziale Budownictwa i Architektury Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie przez P. dr inż. Kamile Zajęc. Promotorem pracy doktorskiej jest dr hab. inż. Magdalena Janus, prof. ZUT. Funkcję promotora pomocniczego pełniła dr inż. Teresa Rucińska.

Rozprawa liczy 205 stron, w tym 76 rysunków i 58 tablic. Spis cytowanych pozycji bibliograficznych obejmuje 259 pozycji, w tym 13 norm. Pracę uzupełnia 7 załączników, zawierających szczegółowe wyniki pomiarów skurczu badanych materiałów, oraz – co warto podkreślić, jako nieczęsto spotykane w rozprawach doktorskich – zestawienie dorobku naukowego Autorki.

3. Ocena trafności podjęcia tematu, sformułowania celu oraz układu pracy

Podjęcie zawartej w pracy tematyki oceniam pozytywnie. Wykorzystanie zjawiska fotokatalizy do nadawania tworzywom nowych właściwości, szczególnie korzystnych z ekologicznego punktu widzenia, stanowi bardzo obiecujący kierunek rozwoju współczesnej inżynierii materiałów budowlanych. Umiejętnie zastosowane fotokatalizatory mogą powodować, że powierzchnie budowlane będą zdolne z jednej strony do samooczyszczania, z

drugiej zaś do usuwania z otaczającej atmosfery szkodliwych związków, takich jak tlenki azotu. To pierwsze działanie może poprawić trwałość i estetykę powierzchni, drugie ma oczywisty walor pro-ekologiczny; jedno i drugie zaś dobrze wpisuje się w zasady zrównoważonego rozwoju w budownictwie.

Wprowadzanie fotokatalizatorów do materiałów budowlanych jest przedmiotem badań w wielu ośrodkach, dotyczy to jednak w ogromnej większości kompozytów cementowych. Głównym powodem jest ukierunkowanie modyfikacji na zewnętrzne powierzchnie budowli, z uwagi na dostępność niezbędnego do fotokatalizy promieniowania ultrafioletowego. Autorka postawiła hipotezę, że odpowiedni dobór i modyfikacja samego fotokatalizatora może pozwolić na jego skuteczne działanie także pod wpływem światła widzialnego. Tym samym można by nadawać opisane powyżej korzystne właściwości także materiałom stosowanym we wnętrzach pomieszczeń, takim jak gips budowlany. Wykazanie takiej możliwości oznaczałoby bardzo istotny postęp w zakresie praktycznego wykorzystania fotokatalizy w budownictwie.

Stopień rozpoznania modyfikacji tworzyw gipsowych fotokatalizatorami w literaturze światowej jest bardzo niewielki. Tymczasem, jak trafnie zauważa Autorka na str. 11, „taki dodatkowy składnik mieszanki mineralnej wymaga zawsze szczegółowego rozpatrzenia, nie tylko pod względem działania oczyszczającego, ale przede wszystkim wzajemnej kompatybilności składników”. Potrzeba prowadzenia w tym obszarze studiów i ich doświadczalnej weryfikacji jest więc niewątpliwa.

Celem pracy było określenie wpływu fotokatalizatora na parametry użytkowe, wśród których należy umieścić zdolność do samooczyszczania powierzchni i usuwania z atmosfery tlenków azotu, oraz cechy mechaniczne i fizykochemiczne wyrobów gipsowych. Autorka sformułowała tezę rozprawy, dotyczącą możliwości otrzymania modyfikowanych materiałów gipsowych odznaczających się zarówno aktywnością fotokatalityczną, jak i odpowiednimi właściwościami technicznymi.

Tak ujęty zakres pracy i podjęty w niej problem naukowy uważam za odpowiednie w odniesieniu do rozprawy doktorskiej. Ich oryginalność wykazano przekonująco w przedstawionym w pracy obszernym studium literaturowym.

W rozprawie można wyróżnić dwie zasadnicze części, studialną (do rozdziału 4 włącznie) i eksperymentalną (od rozdziału 5). Pomiędzy obiema częściami umieszczono krótki rozdział, w którym opisano genezę i sformułowano tezę pracy oraz wynikający z niej cel i zakres badań. Całość wieńczy rozdział zawierający uporządkowane wnioski. W osobnym punkcie Autorka przedstawiła dalsze zamierzenia badawcze, związane z tematyką rozprawy.

W części studialnej Autorka przedstawiła pokrótce problematykę zrównoważonego rozwoju w budownictwie, opisała zjawisko fotokatalizy, scharakteryzowała gips jako materiał budowlany i przedstawiła możliwości jego modyfikacji przy użyciu zbrojenia rozproszonego oraz domieszek upłynniających. Analizując aktualny stan wiedzy i techniki w rozpatrywanym obszarze, sformułowała program badawczy, który w postaci trzech „bloków badawczych” został opisany w pierwszym rozdziale części badawczej rozprawy.

Część badawcza zawiera opis przeprowadzonych badań w logicznym układzie: plan badawczy – materiały i metody – wyniki i ich analiza – wnioski. Oznaczano zbiór właściwości technicznych, charakteryzujących materiały gipsowe ze szczególnym uwzględnieniem skuteczności modyfikacji fotokatalizatorami oraz wpływu tej modyfikacji na cechy techniczne.

Powyższy układ opracowania uważam generalnie za poprawny i logiczny. Co prawda, rozdział zawierający genezę, cele i zakres pracy oczekiwany jest zwykle na początku, nie zaś w połowie rozprawy, rozumiem jednak intencję Autorki, która w ten sposób przekonująco wykazała, że owe cele i zakres wynikają logicznie z wcześniej przedstawionej analizy.

4. Ogólna ocena pracy, w tym metodyki badawczej i poprawności wnioskowania

Autorka pracy w sposób kompetentny dokonała analizy aktualnego stanu wiedzy i techniki w zakresie wykorzystania zjawiska fotokatalizy w budownictwie. Wyniki tej analizy pozwoliły na sformułowanie zagadnienia badawczego o dużych walorach naukowych i inżynierskich. Następnie Autorka przeprowadziła obszerny program badawczy, którego poszczególne etapy ułożyły się w logiczny ciąg. Zastosowane podejście pozwoliło na uzyskanie satysfakcjonujących i użytecznych z praktycznego punktu widzenia rezultatów.

Wykazanie prawdziwości postawionej w rozprawie tezy o możliwości skutecznej modyfikacji tworzyw gipsowych fotokatalizatorami uważam za wartościowe osiągnięcie badawcze, posiadające zarazem duży potencjał praktyczny.

Metody i techniki badawcze, zastosowane w trakcie realizacji programu badawczego, obejmowały zarówno typowe oznaczenia właściwości materiałów budowlanych (badanie konsystencji, czasu wiązania, wytrzymałości, przyczepności do różnych podłoży, skurczu itp.), jak i narzędzia bardziej zaawansowane, takie jak skaningowa mikroskopia elektronowa, dyfraktometria rentgenowska czy spektrofotometria UV-VIS. Ze szczególnym uznaniem należy podkreślić zaprojektowanie i wykorzystanie w programie badawczym specjalnej instalacji do oznaczania stopnia usunięcia z atmosfery tlenków azotu (NO_x). Dobór metod badawczych uważam za odpowiedni do zadania badawczego.

Przedstawione w rozprawie wnioski uważam generalnie za poprawne i zdyscyplinowane pod względem logicznym. Wnioski zawarte w końcowym rozdziale rozprawy zostały sformułowane w sposób przekonujący, dobrze porządkując obfity zbiór wyników i analiz cząstkowych. Wnioski te są istotne nie tylko z poznawczego, ale także praktycznego – inżynierskiego punktu widzenia. Wyniki i wnioski z rozprawy odnoszą się do projektowania, wytwarzania i stosowania w budownictwie wyrobów gipsowych o szczególnych właściwościach, to znaczy zdolnych – dzięki odpowiedniej modyfikacji materiałowej – do fotokatalitycznego usuwania tlenków azotu z atmosfery oraz do samooczyszczania własnej powierzchni. Uważam to za wartościowe osiągnięcie, zwłaszcza w kontekście zasad zrównoważonego rozwoju, i spodziewam się, że ten kierunek dociekań będzie przez Autorkę kontynuowany.

Podsumowując tę część recenzji, stwierdzam, że Autorka wykazała się umiejętnością formułowania problemu naukowego, samodzielnego planowania i prowadzenia prac badawczych, analizy wyników prowadzącej do sformułowania przekonujących wniosków oraz prezentacji rezultatów.

Ogólnie rozprawę doktorską Pani dr inż. Kamili Zając oceniam więc pozytywnie. W następnym punkcie opinii przedstawiam natomiast szczegółowe uwagi krytyczne i dyskusyjne, które nasuwają się podczas lektury pracy.

5. Uwagi krytyczne

1. Tytuł pracy nie w pełni odpowiada jej treści. Pominięcie aspektu skuteczności fotokatalizy i skupienie się na parametrach mechanicznych niepotrzebnie umniejsza zawartość rozprawy i nie daje potencjalnemu czytelnikowi wystarczająco jasnego wskazania co do treści.
2. Moje podstawowe zastrzeżenie do zaprezentowanych badań wynika z obecnej w rozprawie niekonsekwencji. Jak zauważa sama Autorka, tworzywa gipsowe są z reguły przeznaczone do zastosowań wewnątrz pomieszczeń. Dlatego jednym z fundamentalnych założeń pracy, uzasadniającym w znacznej mierze celowość jej podjęcia, była hipoteza o możliwości zachodzenia skutecznej fotokatalizy pod wpływem światła widzialnego, a nie tylko promieniowania UV. Tymczasem światło widzialne wykorzystano w badaniach zdolności do samooczyszczania powierzchni, natomiast usuwanie tlenków azotu badano wyłącznie w warunkach działania UV. Osłabia to praktyczne znaczenie sformułowanych w rozprawie wniosków, na przykład bardzo istotnego wniosku nr 3 ze str. 176; nie zostało też przez Autorkę uzasadnione ani skomentowane.

3. Za niedoskonałość pracy uważam brak wykorzystania jakichkolwiek narzędzi statystycznych. Minimum, którego można by oczekiwać, byłoby podanie choćby odchyłeń standardowych przy wartościach średnich.
4. Wątpliwości budzą fotografie 11.1 i 13.3, przedstawiające powierzchnie próbek przed i po nałożeniu na nie barwnika oraz po okresie, w którym oczekiwane jest ich fotokatalityczne samooczyszczenie. Z danych podanych w odpowiednich tablicach (np. tabl. 11.3 i 11.4) wynika, że osiągnięto bardzo wysoki stopień usunięcia barwnika, przekraczający 80, a niekiedy 90%. Jednak przywołane wyżej fotografie ukazują wyraźnie, że powierzchnie próbek po samooczyszczeniu w najmniejszym stopniu nie przypominają wyglądem powierzchni wyjściowych, co podaje w wątpliwość estetyczny efekt zabiegu.
5. Wątpliwości budzi także interpretacja wyników badań przyczepności. Skoro zniszczenie było zawsze kohezyjne, to oznaczoną właściwością jest wytrzymałość na rozciąganie, a o przyczepności można powiedzieć jedynie, że jest większa niż powyższa wartość. To istotna informacja, ale wnioskowanie na jej podstawie o charakterze zmian przyczepności, jak to robi Autorka na str. 134, jest nieuprawnione. Ponadto, podawanie wartości tej cechy z dokładnością do trzech miejsc po przecinku nie ma sensu fizycznego.
6. Rozprawa zawiera pewne błędy terminologiczne. Poniżej wybrane przykłady:
 - niepoprawnie używane jest pojęcie matrycy. Matryca to stwardniałe spoiwo; kompozyt budowlany składa się z matrycy (np. stwardniałego zaczynu gipsowego) i inkluzji, czyli wypełniacza (np. piasku, żwiru itp.). Zatem w przypadku badań zaczynu gipsowego, który zawiera wyłącznie spoiwo gipsowe, można mówić o dodaniu fotokatalizatora do matrycy, ale w przypadku zaprawy tynkarskiej jest to niepoprawne i mylące;
 - pojęcie „stosunku wodno-tynkowego” nie jest znane w budownictwie. Zawartość wody w mieszaninie odnosi się zawsze do spoiwa, w tym przypadku – gipsu;
 - występujące w rozprawie (np. na str. 71) stwierdzenie, że materiał jest „zharmonizowany” z normą, jest niezrozumiałe. Określenie „zharmonizowana” dotyczy niektórych Norm Europejskich i oznacza, że dany dokument spełnia specyficzne wymagania Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego. Producent materiału może zadeklarować, że jest on zgodny z wymaganiami normy zharmonizowanej, ale nie oznacza to „zharmonizowania” materiału;
 - „rozkrój” próbki występuje zamiast przekroju;
 - „charakter rozerwania” zamiast typu zniszczenia.
7. W trakcie lektury pracy odczuwa się niekiedy niedosyt informacji lub wyjaśnień. I tak:
 - wiązanie spoiwa gipsowego to proces kilkustopniowy, w którym kluczową rolę odgrywają różnice rozpuszczalności hydratów siarczanu(VI) wapnia o różnym stopniu uwodnienia.

Tymczasem proces ten przedstawiono w jednym akapicie (na str. 44), uwzględniając jedynie reakcję hydratacji, która jest przecież tylko jednym z etapów wiązania, i zwykle to nie ona decyduje o szybkości całego procesu. Skoro gips i jego modyfikacja jest przedmiotem rozprawy, to należało temu zagadnieniu poświęcić nieco więcej miejsca;

- w rozdz. 2.1 Autorka klarownie opisała przebieg fotokatalizy, jednak tylko w odniesieniu do samooczyszczania powierzchni materiału. Nigdzie w pracy nie omówiono natomiast mechanizmu fotokatalitycznego oczyszczania powietrza z tlenków azotu. Jakie są końcowe produkty tego oczyszczania? Skoro fotokataliza wiąże się z zaawansowanym utlenianiem, do jakiej postaci utleniają się te tlenki?
 - brakuje w pracy uzasadnienia, dlaczego do modyfikacji dwutlenku tytanu zastosowano akurat węgiel i azot. Czy wynikało to z przewidywanej efektywności modyfikacji, czy z przyczyn technologicznych?
 - dlaczego do przygotowywania próbek używano wody dejonizowanej, a nie wodociągowej, zgodnie z PN-EN 1008?
8. W niektórych przypadkach dobór cytowanej literatury budzi pewne wątpliwości, np. brak przywołania fundamentalnych prac Z. Giergiczego przy omawianiu popiołów lotnych jako składników betonu (str. 18-19) czy artykułów W. Jackiewicz-Rek przy zastosowaniu TiO_2 jako fotokatalizatora w betonach cementowych (str. 32-34). Za niedoskonałość redakcyjną uważam też przedstawienie bibliografii w kolejności występowania pozycji literaturowych w tekście, zamiast uporządkowania alfabetycznego, zwykle stosowanego przy tak dużej liczbie odnośników
9. Ostatnia uwaga ma charakter pozamerytoryczny, jednak w trosce o jakość przyszłych publikacji Autorki oraz z szacunku dla języka ojczystego recenzent czuje się zmuszony zwrócić uwagę na popełniane przez Autorkę w rozprawie dwa, niestety coraz bardziej powszechne, błędy językowe. Po pierwsze „dedykowanie” materiałów, procesów do czegoś; w języku polskim dedykować można komuś swoje dzieło – Autorka uczyniła to bardzo pięknie na str. 2 rozprawy. Natomiast materiały mogą być jedynie przeznaczone do czegoś, nie dedykowane do czegoś. Po drugie, redundantne używanie czasownika posiłkowego „być” z narzędnikiem, czyli „urządzenie wydaje się być przydatnym” zamiast poprawnego „wydaje się przydatne”.

Przedstawione powyżej uwagi nie zmieniają mojej generalnie pozytywnej opinii o rozprawie doktorskiej P. dr inż. Kamili Zajac. Ich główną intencją była pomoc w doskonaleniu warsztatu naukowego i publikacyjnego Autorki, której dalsza ścieżka kariery zawodowej będzie, jak mam nadzieję, związana z podjętą w rozprawie tematyką.

6. Podsumowanie i wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska P. dr inż. Kamili Zając pt. „Wpływ własności fizykochemicznych fotokatalizatorów na bazie TiO_2 na parametry mechaniczne modyfikowanych gipsów” stanowi, moim zdaniem, wartościowe osiągnięcie naukowo-badawcze w dziedzinie inżynierii materiałów budowlanych, o istotnym i wyraźnie zaakcentowanym znaczeniu praktycznym.

Autorka sformułowała oryginalny problem naukowy i przedstawiła jego rozwiązanie. Wykazała się odpowiednią wiedzą teoretyczną z zakresu inżynierii materiałów budowlanych, a także umiejętnością samodzielnego planowania i prowadzenia badań naukowych. Przeprowadzona analiza wyników badań jest zasadniczo prawidłowa i przekonująca, a wyciągnięte na jej podstawie wnioski zostały sformułowane poprawnie i potwierdzają osiągnięcie sformułowanego w pracy celu.

Zgodnie z Ustawą o tytule i stopniach naukowych z 14 marca 2003 r. (art. 13.1) rozprawa doktorska powinna **stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego**, oraz **wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną** kandydata w danej dyscyplinie naukowej, a także **umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej**. Stwierdzam, że w rozpatrywanym przypadku wymagania Ustawy zostały spełnione i wnoszę o dopuszczenie P. dr inż. Kamili Zając do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

UCHWAŁA NR 168

**Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie
z dnia 27 czerwca 2022 r.**

**w sprawie nadania dr inż. Kamili Zając
stopnia doktora**

Na podstawie art. 179 ust. 1 i 3 pkt 2b ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. poz. 1669, z późn. zm.) w związku z art. 14 ust. 2 pkt 5 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jedn. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789, z późn. zm.) uchwala się, co następuje:

§ 1.

Senat Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie nadaje dr inż. Kamili Zając stopień doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport.

§ 2.

Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

Przewodniczący Senatu

Rektor

dr hab. inż. Jacek Wróbel, prof. ZUT