

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Jolanty Szczurek

Tytuł rozprawy: "*Dobór parametrów syntezy i nanoszenia powłok zol-żelowych przeznaczonych do pracy w warunkach złożonych*"

Recenzja została przygotowana na podstawie pisma Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej *Inżynieria Mechaniczna* Politechniki Wrocławskiej, prof. dr. hab. inż. Zbigniewa Gronostajskiego.

### 1. Charakterystyka ogólna

Rozprawa liczy ogółem 128 stron i składa się z 7. rozdziałów, podzielonych na zwarte tematycznie podrozdziały. Zacytowano 227 pozycji bibliograficznych. Do rozprawy dołączono wykazy dorobku naukowego – tytuły publikacji, referatów, raportów oraz projektów badawczych – zrealizowanych z udziałem Kandydatki.

W założeniach przyjęto, że w związku z charakterem inicjatywy InterDok – *Programy Interdyscyplinarne Studiów Doktoranckich na Politechnice Wrocławskiej*, w ramach której recenzowana praca doktorska była finansowana, ma ona charakter interdyscyplinarny, obejmując zagadnienia inżynierii mechanicznej i inżynierii materiałowej.

### 2. Ocena podjętego tematu

Podjęcie problematyki, którą zajęła się Autorka recenzowanej pracy, jest w pełni uzasadnione z technicznego punktu widzenia.

Rozwój technologii materiałowych, od kilkunastu lat bardzo intensywny w związku z rozwojem instrumentarium badawczego, zarówno pomiarowego, jak i eksperymentalno-testowego, a także szybko rosnący poziom wiedzy naukowej w zakresie inżynierii materiałowej, powodują, że możliwe jest uzyskiwanie coraz wyższego poziomu eksploatacyjnych właściwości obiektów technicznych. Do najczęściej występujących procesów destrukcji metalowych elementów maszyn i urządzeń zalicza się dwie formy degradacji powierzchniowej – tribologiczną oraz korozyjną. Z problemami przeciwdziałania tym procesom, głównie drugiego, w odniesieniu do elementów stalowych, zmierzyć się postanowiła Autorka recenzowanej rozprawy

### 3. Tytuł pracy

Tytuł rozprawy: "*Dobór parametrów syntezy i nanoszenia powłok zol-żelowych przeznaczonych do pracy w warunkach złożonych*" został sformułowany trafnie w sensie problemu badawczego, ale nie w pełni adekwatnie do zawartości rozprawy, bo jego

sformułowanie nie precyzuje głównego problemu – ochrony przed korozją, a także kontekstowo zapowiada nieformułowane w niej uogólnienia.

#### **4. Cel, hipoteza, zakres pracy**

Jako cel pracy przyjęto otrzymanie powłok ochronnych na podłożach metalicznych przeznaczonych do pracy w warunkach złożonych.

Nie jest to jednoznaczne ujęcie tego, co zawiera treść rozprawy, w sposób nieuprawniony zapowiadając pozyskanie wiedzy uogólnionej, zarówno co do materiału podłoża (zajmowano się tylko określonym gatunkiem stali), rodzaju powłok (ditto), jak i warunków pracy.

Uszczegółowienie zapisu celu w drugim zdaniu dotyczy rodzaju technologii (techniki nakładania - zol-żel) oraz właściwości antykorozyjnych i mechanicznych otrzymanych powłok, ale nie określa stopnia zapowiedzianej „złożoności warunków pracy”.

Dopiero hipoteza, mając analogiczne wady redakcyjne, i stanowiąc inwersję właściwego celu (ale nie wyartykułowanego), zapowiada to, co jest istotą treści rozprawy: *„Zwiększenie odporności na korozję stali w wodnym roztworze chlorku sodu z synergistycznie oddziałującymi czynnikami ciernymi jest możliwe poprzez wytworzenie powłoki tlenkowej na podłożach metalicznych przy kontrolowanych parametrach zol-żel”*.

Dopiero wszystkie powyższe zapisy, a także cele pomocnicze, łącznie i częściowo pośrednio, określają podjęty w rozprawie problem badawczy. W tym kontekście przyjęty w dysertacji cel jest zasadny.

Zakres zapowiadanych na stronie 11. prac ujmuje wyłącznie problemy technologiczne nakładania powłok. Nie obejmuje prac zrealizowanych, które - ogólnie rzecz biorąc - były właściwe do osiągnięcia założonego celu.

#### **5. Układ pracy, redakcja, literatura**

Rozprawa pod względem redakcyjnym jest niestandardowa w odniesieniu do ogólnie przyjętej w Polsce formuły. Bazuje na kilku (4.) publikacjach, których Kandydatka jest współautorką, co rzetelnie oznajmione jest na s. 30. w Rozdz. 4. pt. „Wyniki badań i ich omówienie”. W dużej części stanowi kompilację treści ujętych w tych publikacjach, co przejawia się licznymi odniesieniami, jak np.: *„Mając na uwadze wyniki otrzymane w publikacji [2], ... można przypuszczać, że...”*. Niektóre fragmenty wydają się być z nich przeniesione wprost.

Stosowne przepisy dopuszczają możliwość przedstawienia rozprawy w postaci publikacji, co obecnie jest często wykorzystywane w przypadku postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego. Taki sposób jest stosowany w procedurze doktoryzowania w wielu krajach; główną częścią rozprawy są w nim artykuły naukowe autorstwa doktoranta. Poprzedza je podsumowanie (prezentowane i dyskutowane w czasie obrony), w którym autor łączy artykuły i analizuje, w kontekście pracy doktorskiej, jak każdy z nich przyczynia i odnosi się do ogólnego problemu badawczego. Komisja ocenia głównie jakość i znaczenie artykułów.

W tym przypadku zdecydowano się na „nowatorski” sposób pośredni, co, należy stwierdzić, nie ułatwia lektury. Zwłaszcza, że publikacje te są wieloautorskie (18. współautorów !) i nie jest wiadome, jaki jest w nich wkład Kandydatki.

Bez wątplenia jest ona redaktorem opracowania, co przejawia się jednolitym stylem zapisu, wartko, z dużą lekkością ujmującym treść. Charakteryzuje go zarazem dość swobodny, luźny

styl, niejednokrotnie bez dyscypliny pojęciowej, w licznych miejscach mający charakter „języka mówionego”, np.: „*parametry mechaniczne stalowych powierzchni*” (zamiast właściwego określenia: warstwy wierzchniej - s. 10, 13 i wielokrotnie dalej); „*współczynnik tarcia powłoki*” (wsp. tarcia nie jest cechą danego materiału, czyli nie można mówić o współczynniku tarcia powłoki; charakteryzuje on parę trącą w warunkach danego otoczenia i wymuszeń); „*zużycie mechaniczne*” – s. 13 (co to ?). Do drobnych już uchybień należy zaliczyć takie, jak niezgodny z zasadami wydawniczymi „podwieszony” tekst przed podrozdziałami w Rozdz. 1. Wstęp.

Pomimo swoistej specyfiki ułożenia pracy, uznać ją należy jako merytorycznie wystarczająco oddającą materię, a zawarte w niej partie określić można jako ogólnie poprawne. Po wstępie przedstawiono materiały badawcze i metodykę badań; zasadniczą część stanowi przedstawienie wykonanych badań oraz ich omówienie. Pracę kończą niestandardowe, bardzo obszerne (9 stron) podsumowanie i wnioski.

Studiowanie rozprawy w aspekcie metodologicznej przejrzystości ułatwiłoby schematyczne przedstawienie planu prac.

Ilustracje – zróżnicowane: obok licznych dobrej ich jakości, jest wiele wykresów, widm, legend - mało czytelnych; ich przeglądanie ułatwiają nieco zamieszczone pod nimi opisy.

Zacytowano 227 pozycji dobrze dobranej literatury przedmiotu.

### **Uwagi merytoryczne**

Zakładając deklarowany, wiodący udział Autorki w przedstawionych w rozprawie badaniach, można stwierdzić, że podjęła, z dobrym skutkiem, problem syntezy i nanoszenia wytrzymałych mechanicznie powłok zol-żelowych, przeznaczonych na elementy stalowe eksploatowane w środowisku korozyjnym. Zagadnienie sprowadzono do dwóch gatunków stali – węglowej P265GH (stosowanej głównie w budowie kotłów energetycznych) oraz stopowej 316L (nierdzewna stal austenityczna).

Należy podkreślić tematyczne wpisanie się tej problematyki w trendy „ekologizacji” procesów wytwarzania (m.in. pierwszy z 6. priorytetów UE) – rozwijana przez Autorkę technologia zol-żel należy do procesów niskoenergetycznych (bo niskotemperaturowych), nie wymagających stosowania substancji toksycznych.

Istotne, odpowiadające obecnym tendencjom rozwojowym, jest założenie uzyskania tzw. efektu samozaleczenia skutków destrukcji mechanicznej powłoki (destrukcji generowanej w zrealizowanych badaniach w testach zarysowania). Założono też określenie korelacji pomiędzy warunkami nakładania (parametrami elektrochemicznymi) i parametrami określającymi niektóre właściwości mechaniczne – tarciove zarysowanie (niestety - inne skutki tarcia nie były poruszane – poza stwierdzeniem występowania tarciowego przenoszenia materiału na partnera tej specyficznej pary trącej).

Ukierunkowanie na właściwości mechaniczne powłok antykorozyjnych, nakładanych na wybrane gatunki stali stosowane na eksploatowane elementy konstrukcyjne, było podstawą skierowania rozprawy, pomimo jej interdyscyplinarnego charakteru, do postępowania kwalifikacyjnego w dyscyplinie *Inżynieria mechaniczna*.

Poszczególne partie rozprawy można scharakteryzować następująco.

Rozprawę rozpoczyna przedstawienie przed główną treścią (numerowanymi rozdziałami) hipotezy i celu (uwagi ich dotyczące przedstawiono powyżej), po czym następuje Rozdz. 1. Wstęp, w którym omówiono globalną i krajową skalę strat powodowanych korozją stali (dla zwiększenia siły argumentacji zasadności podjęcia tematu, jest ona zbędnie powtarzana, m.in. w Rozdz. 1.4). Omówiono rodzaje i mechanizmy korozji z uwzględnieniem oddziaływania mechanicznego, metody badania procesów korozji, w tym tribokorozji (aspekt jeden z kluczowych dla postawionego problemu, acz w rozprawie nie podjęty) oraz metod badania procesów korozji. O metodach badań właściwości mechanicznych, przynajmniej tych, które apriorycznie wytypowano (zwłaszcza tribologicznych) – tu nie wspomniano; po części przedstawiono je w Rozdz. 3., a pełniej ujawniono, poniekąd pośrednio, dopiero wynikami dot. siły/współczynnika tarcia uzyskanymi „przy okazji” testów zarysowania.

Metody ochrony przed korozją omówiono szczegółowiej, koncentrując się na przedmiotowej metodzie zol-żel jako mało złożonej, taniej, niestanowiącej zagrożenia dla środowiska i zdrowia ludzkiego. Stwierdzono, że analiza stanu wiedzy wskazuje na to, że najskuteczniejszym sposobem uzyskania tą metodą powłok antykorozyjnych jest wprowadzenie komponentu organicznego do nieorganicznej sieci matrycy, w tym nanometrycznych pojemników z zakapsułkowanym inhibitorem korozji. Przedstawiono możliwość wytwarzania powłok wykazujących tzw. efekt self-healing (samozaleczenia) - samonaprawiania się po utracie ciągłości (zarysowaniu).

Rozdział ten wzbogaciłyby wnioski, które uzasadniałyby sformułowanie hipotezy, postawienie celu, uzasadnienie wyboru podejścia do rozwiązania problemu, wyboru materiałów i metod badań i określenie ich zakresu.

Kontekst uzasadnienia wyboru materiałów powłok stanowią ujęte w Rozdz. 1 stwierdzenia, mające charakter podsumowania przedstawionego *state of the art*. Materiały badawcze – powłoki oraz podłoża – zaprezentowano w Rozdz. 2. Na podłoża wybrano stale radykalnie różniące się odpornością na korozję – typową stal kotlewoą P265GH (0,20% węgla), odporną na wysokie temperatury i ciśnienie, pełzanie, zmęczenie cieplne, pękanie - ale o zmniejszonej odporności korozyjnej, oraz stal stopową nierdzewną i kwasoodporną 316 L (0,03% C i dodatki stopowe Cr, Mo, Ni). Nie podano uzasadnienia ich wyboru. O ile stal P265GH, jako mało odporna na korozję, może stanowić poziom odniesienia dla skuteczności oddziaływania antykorozyjnego opracowywanych powłok, którym tę funkcję przypisano w założeniach, o tyle nie jest jasny powód wyboru stali nierdzewnej (wśród bardzo licznych zastosowań, wykorzystywaną też w energetyce – m.in. na wymienniki ciepła) – z wniosków końcowych nie wynika, że istnieje jeszcze możliwość, czy potrzeba, zwiększenia stopnia odporności, ani że odnoszono do niej odporność na korozję stali kotlewej pokrytej powłoką.

Rozdz. 3. zawiera przedstawienie metodyki badań w odniesieniu do powłok – przygotowania podłoży i wytwarzania powłok metodą zanurzeniową (dip-coating) oraz charakteryzowania ich właściwości. Nie podano dlaczego wybrano wskazane właściwości; pytanie zasadne w szczególności w związku z niewielkim uwzględnieniem badań tarciovych (zapowiedzianych na s. 10. jako jednych z głównych), realizowanych przy okazji testu zarysowania, w nierzeczywistym skojarzeniu tribologicznym, a tym bardziej w związku z zupełnym pominięciem właściwości tribokorozyjnych (na ich oczywistą potrzebę wskazano na s. 16.). Wymieniono bogaty zestaw urządzeń do badań morfologicznych, strukturalnych, składu chemicznego, zwilżalności, właściwości elektrochemicznych; do badania właściwości mechanicznych użyto tylko scratch testera oraz nanoindenter. Są to typowe właściwości charakteryzujące same powłoki, które wszakże nie są bytem samoistnym. W przypadku stali

kotłowej (P256GH) nie uwzględniono głównych jej właściwości mechanicznych: odporności na pękanie i zmęczenie cieplne w wysokich temperaturach. Być może uznano, planując wytworzenie powłok samozaleczających się, że ew. utrata ich spójności na skutek tych procesów destrukcji symulowane może być przez próbę zarysowania, która nb. stosowana jest głównie do badania adhezji powłok i ich odporności na pękanie.

Wyniki badań i ich omówienie zawarto w najbardziej rozbudowanym Rozdziale 4. Niestandardowo rozpoczyna go wyliczanie artykułów naukowych (czterech wyżej wspomnianych), w których zostały opublikowane. Są to prawdopodobnie publikacje członków zespołu realizującego wspólny projekt. Zasadne jest zatem - kluczowe w postępowaniu o nadanie stopnia doktora - pytanie o autorski w nich dorobek Kandydatki, mający być podstawą oceny kwalifikacyjnej.

Prezentacja uzyskanych wyników została dokonana w czytelny, systemowy (modułowy) układzie treści. Rozdz. 4.2 dotyczy problemu samozaleczania powłok zol-żelowych indukowanego polem mechanicznym. Badania prowadzono dla stali P265GH z powłoką krzemiankową ze zmodyfikowaną matrycą nanocząstkami  $CeO_2$ . Stwierdzono „możliwość” utrzymywania ciągłości powłoki pomimo zarysowywania jej scratch testem (wgłębnik Rockwella) i utrzymania antykorozyjnej ochrony, potwierdzonej przy użyciu elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej (EIS). Zarejestrowano zmniejszenie się współczynnika tarcia w scratch teście, sugerując (bez potwierdzania fizykalnego), wytworzenie się tzw. filmu transferowego. Należy być ostrożnym w wyciąganiu z tego wniosków o trwałości powłoki w odniesieniu do innych skojarzeń tarciovych niż mające miejsce w teście z ruchem wgłębniaka.

Wyniki badań wpływu domieszek na właściwości ochronne powłok zol-żelowych omówiono w Rozdz. 4.3. W tym przypadku również badano stal P265GH z powłokami modyfikowanymi  $Ce(NO_3)_3$  oraz benzotriazolem. W pierwszym przypadku uzyskano efekt, który podobnie jak w przypadku powłoki  $CeO_2$  określono jako samozaleczanie. Ilościowych porównań nie przedstawiono.

Rozdział kolejny – 4.4 - dotyczy wpływu hydrolizy i kondensacji na właściwości ochronne opracowywanych powłok. Badania prowadzone były również w odniesieniu do stali P265GH. Wykorzystano prekursorzy z niehydrolizującymi grupami organicznymi w celu uzyskania sieci krzemionkowych o lepszych parametrach ochronnych, a także kilka mediów reakcyjnych: metanol, propanol, butanol, i keton. Wyniki skrupulatnych pomiarów i testów wykazały, że tylko pierwszy z nich okazał się wystarczająco skuteczny.

Badania powłok wytwarzanych na stali P265GH objęły też identyfikację wpływu na ich właściwości antykorozyjne parametrów syntezy oraz czasu starzenia (dot. powłok krzemionkowych). W obu tych badaniach właściwości mechanicznych, ani tribologicznych, nie oznaczano.

Jedynie badania wykonane w odniesieniu do obu wymienionych w celu rozprawy stali – kotłowej P265GH oraz nierdzewnej 316L - przedstawiono w Rozdz. 4,7, zatytułowanym „Wpływ modyfikacji struktury na właściwości ochronne powłok zol-żelowych”. Pokryto je dwoma rodzajami powłok: dziewięciowarstwową  $SiO_2/ZrO_2$  oraz pięciowarstwową  $SiO_2/GPTMS/ZrO_2$ . W przypadku tych badań, poza typowymi badaniami (widma Ramana) w największym stopniu identyfikowane i analizowane były właściwości mechaniczne – twardość, odporność na pękanie w teście zarysowania i moduł Younga, w zależności od sposobu modyfikowania, różnic strukturalnych, udziału części organicznej w matrycy etc.



Przedstawione zostały szczegółowe, wartościowe z technologicznego punktu widzenia, analizy i spostrzeżenia dot. różnych zależności. Stwierdzono, że w przypadku obu stali, tylko powłoka  $\text{SiO}_2/\text{GPTMS}/\text{ZrO}_2$  umożliwia, istotne z technicznego punktu widzenia, znaczące zwiększenie odporności na oddziaływanie środowiska korozyjnego. Poza tym – wniosków o charakterze uogólniającym nie sformułowano, oprócz niektórych, będących potwierdzeniem wiedzy istniejącej, jak np.: „*dodatek cyrkonu doprowadził do wzrostu twardości*”, lub oczywistymi „*wszystkie próbki wykazywały cechy sprężysto-plastyczne*”.

Rozprawę kończą rozliczne (niemal 9 stron) wnioski końcowe. W głównej mierze mają charakter szczegółowy, technologicznie podpierający dokonane spostrzeżenia; najważniejszy z nich brzmi: „*Metoda żol-żel stanowi cenne narzędzie do pozyskiwania materiałów powłokowych z zastosowaniem w szeroko pojętej ochronie antykorozyjnej, która umożliwia opracowanie składu materiałów powłokowych zarówno w zależności od wybranego podłoża, jak i wybranego środowiska pracy*”.

Pomijając niezborną nieco redakcję tego stwierdzenia, ujmuje ono nieuprawnione uogólnienie na wszelkiego rodzaju podłoża, w sytuacji, gdy badania prowadzono w odniesieniu do podłoża stalowych, a ściślej – jednego gatunku stali PP265GH; w jednym tylko przypadku – badania wpływu modyfikacji struktury na właściwości powłok – uwzględniono również stal 316L, uzyskując (co oczywiste) różne wyniki.

Ogólnie należy stwierdzić, że wnioski prezentują efekty wszystkich badań, które w kolejnych rozdziałach rozprawy były prezentowane, odnosząc się głównie do prac technologicznych i właściwości ochronnych przed korozją stali, na przykładzie stali P265GH. Problematyka właściwości mechanicznych jest w nich obecna, choć w zawężonym zakresie. Opiniowana rozprawa powstała, co cenne, w ramach projektu aplikacyjnego, którego celem było prawdopodobnie opracowanie innowacyjnej technologii ochrony przed korozją „konkretnej” stali P265GH, na co wskazują też przywołane w rozprawie publikacje prezentujące wyniki tego projektu (np. [doi.org/10.1016/j.ceramint.2022.08.291](https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2022.08.291)). Przy czym przeprowadzone badania mechaniczne – test zarysowania: kruchość, adhezja i przy okazji współczynnik tarcia (scratch test) oraz twardość (nanoindenter) - dotyczyły właściwie samych powłok, a nie stali z powłoką.

Nie ujawniono planowanej aplikacji, w której zbadanie skuteczności antykorozyjnej i tych własności mechanicznych być może wystarcza. Dlatego być może nie badano podstawowych w eksploatacji materiałów konstrukcyjnych skutków oddziaływań mechanicznych: naprężeń rozciągających (radycznie zmniejszających odporność stali na korozję), ściskających, zginających, skręcających etc. Naprężenia te znacząco, często zasadniczo, wpływają na powłoki. Ponieważ stal P265GH stosowana jest do konstrukcji energetycznych (należy do najczęściej stosowanych stali kotłowych), w tym kontekście nasuwa się pytanie: dlaczego pominięto bardzo istotną właściwość, jaką jest odporność na zmęczenie cieplne i pełzanie? Uzyskane wyniki nie uprawniają zatem do uogólnionych stwierdzeń o dobrych właściwościach mechanicznych uzyskanych rozwiązań w odniesieniu do bliżej nieokreślonego, tytułowego zapisu „złożone warunki pracy”, a nawet co do samych powłok.

Uwagi powyższe nie umniejszają znaczącej wartości zawartych w rozprawie prac i ich wyników. Wykonane badania cechują: wystarczająca systemowość, rzetelność i głębia analizy, przysparzających uzyskanym wynikom niezbędnej wiarygodności. Przedstawione w recenzji uwagi mają głównie charakter wskazówek metodologicznych, dotyczących niezbędnej precyzji sformułowań, w szczególności w odniesieniu do kwestii poprawności (jednoznaczności) pojęciowych.

## 6. Ocena dysertacji i konkluzja

### Zagadnienie naukowe i oryginalność wyników

Rozprawa doktorska dotyczy jednoznacznie określonego i jasno przedstawionego problemu badawczego w odniesieniu do realnego zapotrzebowania technicznego. Uzyskane wyniki, z uwagi na systemowość podejścia, można określić jako oryginalne, mogące przysporzyć praktyce inżynierskiej cennych informacji.

### Metody badawcze

Zastosowane w pracy metody badawcze należy ocenić pozytywnie, pomimo braku określenia ograniczeń aplikacyjności przyjętego sposobu, ponieważ zweryfikowano go gruntownie tylko w odniesieniu do jednego materiału (gatunku stali), a także pomimo - wynikającego z tego – braku uogólnień. Autorka udokumentowała przeprowadzenie szeregu prac właściwych do rozwiązania postawionego problemu, pomiarów i analiz instrumentalnych, umożliwiających poczynienie wielu istotnych obserwacji technologicznych i sformułowanie wniosków ukierunkowanych na praktyczne wykorzystanie.

### Stopień rozwiązania zagadnienia

Stopień rozwiązania zagadnienia można ocenić jako zadowalający. Pomimo poczynionych w recenzji uwag, głównie metodologicznych, można stwierdzić, że rozprawa zawiera oryginalne rozwiązania, będące egzemplifikacją tezy o możliwości zwiększenia odporności na korozję wybranych gatunków stali poprzez celowe wytworzenie na nich powłoki metodą zol-żel. Ponieważ dotyczy to poprawiania własności elementów konstrukcyjnych, należących do podstawowych z punktu widzenia procesów ich eksploatacji, zasadne jest skierowanie rozprawy do postępowania kwalifikacyjnego w dyscyplinie *Inżynieria mechaniczna*.

### Wniosek końcowy

Recenzowaną dysertację oceniam pozytywnie. Uwagi zawarte w tekście recenzji nie umniejszają uzyskanej, merytorycznej wartości rozprawy. Zawarty w niej materiał badawczy jest oryginalny i stanowi oryginalne rozwiązanie problemu.

**Stwierdzam, że praca pt. „Dobór parametrów syntezy i nanoszenia powłok zol-żelowych przeznaczonych do pracy w warunkach złożonych” spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim przez Ustawę z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U.2023.742 t.j.) i proponuję dopuszczenie jej do publicznej obrony, a po wykazaniu przez Kandydatkę udziału własnego w publikacjach, będących źródłowym materiałem dysertacji, jako kwalifikującego do stopnia doktora, oraz po pomyślnym przebiegu obrony - nadanie mgr. inż. Jolancie Szczurek stopnia doktora nauk technicznych w ramach dyscypliny naukowej *Inżynieria mechaniczna*.**

