

Recenzja spełnia wymagania formalne

Przewodniczący Rady Dyscypliny
Inżynieria Lądowa i Transport

dr hab. inż. Marcin Stańka, prof. PŚ

prof. dr hab. inż. Lech Czarnecki
Instytut Techniki Budowlanej

Warszawa, dnia 26 maja 2021 roku

Recenzja rozprawy doktorskiej pt. „Badania skuteczności ochrony przed
korozją ogniowej powłoki cynkowej na stali zbrojeniowej w betonie” autorstwa
mgr inż. Jacka Kołodzieja

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport dr hab. inż. Marcina Stańka, profesora Politechniki Śląskiej (L.dz. RDILT 106/2020/2021) z dnia 31.03.2021 informujące o uchwale Rady Dyscypliny powierzającej mi obowiązki recenzenta i opracowanie opinii rozprawy doktorskiej jak to sformułowano powyżej.

2. Przedmiot recenzji

Przedmiot recenzji stanowi opracowanie pt. „Badania skuteczności ochrony przed korozją ogniowej powłoki cynkowej na stali zbrojeniowej w betonie” autorstwa mgr inż. Jacka Kołodzieja, przedstawione Radzie Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Śląskiej jako rozprawa doktorska. Promotorem pracy – według informacji na stronie tytułowej rozprawy – jest dr hab. inż. Mariusz Jaśniok, profesor Politechniki Śląskiej. Rozprawa liczy 109 stron maszynopisu, w tym 69 rysunków i 8 tablic. W rozprawie przytoczono 115 pozycji literatury, w tym – co należy z uznaniem odnotować – 12 publikacji autorstwa lub współautorstwa Doktoranta. Z satysfakcją należy podkreślić, że dwie z nich ukazały się w języku angielskim w wysoce renomowanym czasopiśmie *Materials* ([100] i [103]). Treść rozprawy została – według informacji na stronie 11 – podzielona na dwie części: „stan wiedzy”

(str. 15-44) i „badanie własne” (str. 45-102), jednakże nie znalazło to faktycznego odzwierciedlenia w spisie treści.

3. Ocena celowości podjęcia tematu; trafność tytułu, celów badawczych i tez rozprawy

Problematyka galwanizowanych powłok ochronnych na stali zbrojeniowej w betonie jest badawczo interesująca a zarazem nieczęsto podejmowana. Nie podzielam jednakże optymizmu Autora, że *Cynk w postaci ogniowej powłoki jest zdecydowanie najbardziej popularnym materiałem do ochrony powłokowej prętów zbrojeniowych [...]* (str. 8). Tytułem uzasadnienia Doktorant przytacza publikacje z 1993 roku [7] i 2004 roku [6]. Znacznie późniejsza, bo z 2018 roku, publikacja Promotora¹ (nie cytowana) donosi, że w Stanach Zjednoczonych cynkuje się 2%, a w Europie około 1% prętów zbrojeniowych. Nawet jeśli jest to najpopularniejsza osłona, to ta popularność jest na bardzo niskim poziomie. W podjęciu pracy i jej tytule można jednakże się dopatrzeć pytania: dlaczego tak jest, dlaczego ten poziom stosowania jest tak niski. Zasadniczym celem pracy doktorskiej – jak to sformułowano (str. 10) – było „określenie poziomu ochrony stali zbrojeniowej poprzez powłokę cynkową w porównaniu do stali pozbawionej takiej ochrony”. Następnie Autor definiuje siedem częściowych celów badawczych dotyczących identyfikacji powłoki, jej cech ochronnych oraz przyczepności pręta zbrojeniowego do betonu i sztywności jego zakotwiczenia. Metodyka przeprowadzenia tych pomiarów i udokumentowane wyniki badań zostały następnie przedstawione w rozdziałach części drugiej dotyczącej badań własnych, zatytułowanych odpowiednio:

6. *Badania korozyjne stalowego zbrojenia z powłoką i bez powłoki cynkowej w roztworach cieczy porowej betonu*

7. *Badania korozyjne stalowego zbrojenia z powłoką i bez powłoki cynkowej w betonie*

8. *Badania przyczepności ocynkowanego zbrojenia do betonu* (w którym pkt 8.7 dotyczy oceny sztywności zakotwiczenia).

W rozprawie sformułowano trzy tezy, a mianowicie:

- *Istnieje możliwość w warunkach krajowych wykonania skuteczniej ochrony powłokowej prętów zbrojeniowych ze stali EPSTAL B500SP przy zastosowaniu technologii cynkowania ogniowego przewidzianej dla stali konstrukcyjnej.*
- *Możliwa jest miarodajna dwuletnia ocena trwałości powłoki cynkowej na zbrojeniu polaryzacyjnymi metodami elektrochemicznymi (EIS i LPR) oraz badaniami mikrostrukturalnymi (SEM, EDS).*

¹ M. Jaśniok: Zabezpieczenie stali zbrojeniowej przed korozją w betonie metodą cynkowania ogniowego, *Przegląd Budowlany* 2/2018, 18-23

- *Wpływ powłoki cynkowej na przyczepność prętów zbrojeniowych do betonu oraz sztywność ich zakotwienia można dokładniej ocenić wykonując typowe badanie siły wrywającej w połączeniu z zaawansowaną analizą optyczną przebiegu destrukcji elementów badawczych.*

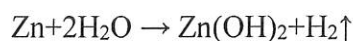
Tak sformułowane tezy nasuwają szereg uwag:

- **Teza I:** ograniczenie tezy geograficznie, a także związanie z logotypem (znakiem towarowym) grupy producentów odbiera tej tezie charakter naukowej uniwersalności;
- **Teza II:** Istotnie zagadnienie to jest rozważane w rozdz. 7 rozprawy, zwłaszcza w punktach 7.5 i 7.6., jednakże w konkluzji brak stanowiącego stwierdzenia ile ta „miarodajnie oceniona trwałość” w jednostkach czasu (liczba lat) wynosi.
- **Teza III:** użycie stopnia wyższego „dokładniej” bez określenia stanu odniesienia odbiera temu sformułowaniu sens logiczny.

Ponadto rozpatrując „ile w tezach oryginalności a ile oczywistości”, można sądzić, że nastąpiło znaczne przesunięcie w kierunku tej drugiej okoliczności. Tytułem komentarza należy dodać, że sformułowanie tez w rozprawie doktorskiej nie jest wymagane Ustawą. Ustawa z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki wymaga *oryginalnego rozwiązania problemu naukowego*. A zatem problem naukowy powinien być uprzednio w rozprawie doktorskiej sformułowany. Rozdział 1.1 zatytułowany „Zarys problemu” takiego sformułowania *problemu naukowego* nie przynosi. W „Podsumowaniu” rozprawy (rozdz. 9, str. 100) dodatkowo wyjaśniono: *Przesłanką, która spowodowała podjęcie tego tematu była obserwowana niska świadomość inżynierów budownictwa dotycząca możliwości stosowania w realizowanych konstrukcjach popularnych na świecie metod ochrony powłokowej zbrojenia. Jak dotąd w krajowej literaturze technicznej trudno było znaleźć publikacje poruszające od strony naukowo-technicznej problem badań ocynkowanego zbrojenia w betonie. Są to bardzo ważne i piękne przesłanki z obszaru gospodarczego, eksperckiego i kształcenia kadry. Nie mają jednakże sensu stricto charakteru wyzwania naukowego. Dopatrując się sformułowania problemu naukowego, przeanalizowałem sformułowanie tytułu pracy, który brzmi „Badania skuteczności ochrony przed korozją ogniowej powłoki cynkowej na stali zbrojeniowej w betonie”. Tytułowi rozprawy, a w konsekwencji jej treści zarzucam dominację trybu niedokonanego. Oczywiście jest to jedynie odczucie recenzenta. Niemniej jeśliby zamienić w tytule „Badania skuteczności” (forma niedokonana) na „Ocenę skuteczności” (forma dokonana), a w treści pracy zdefiniować*

„skuteczność ochrony” – jakie cechy wyznaczają skuteczność i na jakim poziomie (czy są to zbiory pól otwarte, czy obustronnie ograniczone). Jestem przekonany, że taka modyfikacja pozwoliłaby na istotną zmianę oceny rozprawy. W przedstawionej wersji brak wskazania liczb kryterialnych określających skuteczność.

Otóż jeśli przedmiotem badań jest trwałość powłoki galwanizacyjnej w środowisku betonu, to z punktu widzenia naukowego nie stanowi to problemu. Celem skutecznej ochrony jednakże powinno być zapewnienie trwałości elementu żelbetonowego; tylko w takim znaczeniu możemy mówić o skutecznej ochronie zbrojenia. Powłoka na zbrojeniu jest ochroną dodatkową (ang. *supplementary protection*) w stosunku do otuliny betonowej, a w przypadku powłoki cynowej – *ochroną traconą*; a jako „tracona” – ograniczoną w czasie. Tu można się dopatrzeć problemu naukowego ukrytego w rozprawie. Ochrona cynkowa jest ochroną traconą, powstają pytania – czy czas skutecznej ochrony jest wartością wprost dodaną do trwałości systemu bez tej ochrony, np. „50+X lat”. Czy obniżenie jakości ochrony otuliny betonowej spowodowanej spulchnieniem w wyniku reakcji:



jest rekompensowane z naddatkiem dodatkową wartością ochronną (traconą!). Te i podobne pytania wyznaczają problem naukowy rozwiązywany w tej pracy. Brak zdefiniowania „skuteczności ochrony” utrudnia ocenę efektu netto (ang. *benefit/cost ratio*) pomiędzy obniżeniem jakości otuliny a korzyścią wprowadzenia warstwy ochronnej.

Uważam, że pomimo iż w rozprawie nie sformułowano *explicite* problemu naukowego, to mimo to możemy zauważyć szereg usiłowań oryginalnego rozwiązania problemu naukowego jak to wyżej przedstawiono.

4. Ocena poprawności wnioskowania naukowego

W 2018 roku prof. S.R. Yeomans – uczony z UNSW University, Sidney, Australia – którego aktywność naukowa wydaje się być najbliższa pracom doktoranta, opublikował „Galvanized Reinforcement in Concrete Structures. Questions and Answers”². Mimo że wcześniejsze prace tego autora ([51] 1994, [80] 2009, [71] 2005) są przytoczone w rozprawie, ta się nie znalazła. Należy wyrazić żal. Jeśliby uwzględnić, że dwa lata temu w rozważanym obszarze

² S.R. Yeomans: Galvanized Reinforcement in Concrete Structures. Questions and Answers. Galvanizers Association of Australia, 2018. www.gaa.com.au

przedstawiono 40 pytań i usiłowano na nie odpowiedzieć, to pozwoliłoby to lepiej umocować pracę w nurcie współczesnej problematyki. Nawet jeśli przyznać, że niektóre z czterdziestu pytań S.R. Yeomansa są naiwne czy prymitywne, to szkodę z ich nieuwzględnienia należy odnotować.

Wspomniany już brak kryteriów oceny skuteczności powoduje, że wiele interpretacji wyników pozostawia wrażenie oceny niedokończonej. Na tok rozumowania wpływa także skupienie się na zaletach powłoki cynkowej (str. 8), z przykładaniem mniejszej wagi do ewentualnych zagrożeń (str. 38). Przykładowo, oceniając wyniki badań korozyjnych zbrojenia stalowego w roztworach cieczy porowej (rozdz. 6.6, str. 56,57) znajdujemy szereg stwierdzeń:

[...] próbki bez zabezpieczenia powłokowego, niezależnie od wartości pH cieczy, charakteryzują się niewielkim ryzykiem korozji [...]. Zbliżone wyniki uzyskano dla stali ocynkowanej [...] istnieje wysokie ryzyko częściowego roztwarzania warstwy cynkowej zbrojenia w świeżej mieszance betonowej, ale [...].

Nie można jednak przesądzić o skuteczności ochrony w postaci powłoki cynkowej w przypadku środowiska zawierającego jony chlorkowe. [...] otrzymane wyniki wskazują [że] dla stali ocynkowanej [...] istnieje ryzyko korozji w przypadku wysokiej zawartości jonów Cl⁻.

Zgodnie z przesłaniem zawartym w tytule rozprawy „badanie skuteczności” mamy tu szereg obserwacji wynikających z badań, ale nie dochodzimy do stwierdzenia: ochrona skuteczna czy nieskuteczna. Interpretując wyniki badań korozyjnych zbrojenia w betonie (str. 64, 69), autor bardziej zbliża się do wniosków stanowiących, ale i wówczas brak zdań stanowiących: skuteczne, nieskuteczne. Charakterystyczne dla tego sposobu wnioskowania jest zdanie na str. 74: *Można jedynie zastanawiać czy obserwowane pod mikroskopem jej bardzo nierównomierne grubości są jedynie efektem specyfiki procesu technologicznego tworzenia ogniowej powłoki cynkowej, czy też skutkiem częściowego roztwarzania cynku w wysoko alkalicznym środowisku cieczy porowej betonu.* Zdania stanowiące znajdujemy natomiast w odniesieniu do wniosków z badań wytrzymałościowych (str. 99), co tę część rozprawy korzystnie wyróżnia.

Rozprawa nie kończy się wyodrębnionymi wnioskami, brak odniesienia do tej rozprawy – czy zdaniem Autora tezy zostały dowiedzione? Kończący rozprawę rozdział „Podsumowanie” to raczej streszczenie pracy z wplecionymi wnioskami cząstkowymi – bez uogólnienia jaką wartość dodaną wnosi rozprawa do stanu wiedzy (i techniki). „Podsumowanie” nie przynosi też odpowiedzi odnośnie do „miarodajnej dwuletniej oceny trwałości powłoki” (Teza II). Trudno się również dopatrzeć próby wykorzystania uzyskanych wyników do symulacji / przewidywania oceny

trwałości chronionego elementu żelbetowego – określenia różnicy czasu życia uzyskiwanej dzięki wprowadzeniu powłoki cynkowej. Szukając odpowiedzi na pytanie o ocenę skuteczności wprowadzenia powłoki cynkowej, w „Podsumowaniu” można się dopatrzeć raczej stwierdzeń pesymistycznych (str. 101). Oczywiście to w żadnym stopniu nie obniża wartości naukowej pracy.

W „Podsumowaniu” wprowadzono jeszcze jeden cel pracy, o charakterze praktycznym (str. 100), a mianowicie: *Postanowiono również sprawdzić, czy bez żadnych dodatkowych nakładów związanych z ewentualną zmianą technologii cynkowania, możliwe jest efektywne wykonywanie powłok cynkowych na żebrowanych prętach zbrojeniowych.* Zdaniem recenzenta na tak postawione zagadnienie rozprawa nie przynosi odpowiedzi.

5. Ocena trafności postępowania badawczego

Dobór metod badawczych do realizacji celów cząstkowym uważam za właściwy. Warsztat badawczy jest nowoczesny i odpowiednio stosowany. Rozprawa w pełni dowodzi umiejętności pracy doświadczalnej i posługiwania się nowoczesnymi metodami badawczymi. W odniesieniu do badań przyczepności i sztywności zakotwiczenia Autor ponadto wykazał się własną inwencją badawczą. W odniesieniu do badań wytrzymałościowych została tutaj przeprowadzona zasługująca na wyróżnienie analiza istotności uzyskanych wyników pomiarów (str. 93-97). W odniesieniu do wszystkich innych wyników pomiarów (rozdz. 6. i 7.) brak jest oszacowania precyzji czy innych dyskusji błędów pomiarów.

6. Ocena redakcji naukowej

Praca pod względem edytorskim jest przygotowana starannie; korzystnie zwracają uwagę czytelne i eleganckie rysunki. Dobór literatury, poza wytkniętym już brakiem „40 pytań” S.R. Yeomansa, uważam za właściwy. Może jedynie dla oddania szacunku poprzednikom wśród referencji powinna się znaleźć monografia „Corrosion of reinforcement in concrete” pod redakcją M. Raupacha, Woodhead Publishing, 2007, która na początku wieku stanowiła kanoniczne podsumowanie stanu wiedzy. Niemniej uważam, że właśnie stan wiedzy w rozprawie (cz. 1) został bardzo syntetycznie, ale poprawnie przedstawiony.

Używana terminologia jest właściwa, do usterek można zaliczyć, że jony chlorkowe bywają (s. 76, 77) zapisywane bez wykazywania ładunku, jako Cl, a nie Cl⁻. Natomiast poważnym błędem

jest stwierdzenie (str. 77): „Chlor jest także pierwiastkiem, który towarzyszy powłoce cynkowej”. Stwierdzenie to dotyczy nie pierwiastka, lecz jonu.

W rozprawie brakuje tytułu w języku angielskim, streszczenia w języku polskim i angielskim oraz słów kluczowych.

7. Podsumowanie – wniosek końcowy

Zgodnie z Ustawą z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (z późniejszymi zmianami) rozprawa doktorska powinna stanowić **oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata, a także umiejętność prowadzenia pracy naukowej**. Spośród tych trzech wyróżników jakie powinna zgodnie z Ustawą spełniać rozprawa doktorska, to niewątpliwie oceniana rozprawa wykazała w sposób całkowicie zadowalający ogólną wiedzę teoretyczną Kandydata. Dodatkowo potwierdzają to przytoczone publikacje autorstwa lub współautorstwa Doktoranta. Jakkolwiek zgłaszałem uwagi do przedstawionego sposobu wnioskowania naukowego, to jednakże zważywszy na ponadprzeciętną biegłość przeprowadzania pomiarów z użyciem nowoczesnej aparatury badawczej, uznaję również umiejętność prowadzenia pracy naukowej za zadowalającą. Ponadto zostało w rozprawie przedstawione oryginalne rozwiązanie – natomiast sformułowanie problemu naukowego, którego to rozwiązanie dotyczy, uważam za domniemane, ale w rozprawie zawarte. W tym kontekście uznaję, że ten warunek został spełniony w stopniu dostatecznym. Reasumując, stwierdzam, że przedstawiona rozprawa doktorska mgr inż. Jacka Kołodzieja pt. „Badania skuteczności ochrony przed korozją ogniowej powłoki cynkowej na stali zbrojeniowej w betonie” spełnia wymagania przewidziane Ustawą z dnia 14 marca 2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z późniejszymi zmianami.

