

## Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. **Krzysztofa Fryczowskiego** zatytułowanej:  
***Ocena stanu tworzywa metodami magnetycznymi***

### 1. Podstawa opracowania recenzji

Niniejszą recenzję przygotowano na podstawie uchwały Rady Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach z dnia 17. maja 2018 r., w której na jednego z recenzentów rozprawy w przewodzie doktorskim mgr inż. Krzysztofa Fryczowskiego powołano niżej podpisanego, oraz *Umowy o dzieło* zlecającej opracowanie recenzji, podpisanej w dniu 17. maja 2018 r. przez Panią Prodzikan Wydziału Dr hab. inż. Joannę Kalka.

### 2. Charakterystyka pracy – ocena formalna

Praca zawiera 136 stron komputerowego maszynopisu i podzielona została na 7 rozdziałów oraz bibliografię obejmującą 101 alfabetycznie ułożonych pozycji literaturowych, wykorzystanych przez Autora przy opracowaniu rozprawy. Na końcu zestawienia literatury zawarto normy i materiały informacyjne (15 pozycji) firm zajmujących się zagadnieniami bezpośrednio lub pośrednio związanymi z tematyką pracy. Treść rozprawy, zilustrowana 168 rysunkami, zawiera także 16 tablic oraz 95 zależności matematycznych. Elementy te ponumerowano kolejno w rozdziałach. Ponadto, na końcu pracy zamieszczono jednostronicowe streszczenia pracy: w j. polskim i j. angielskim. Na początku przydałby się wykaz ważniejszych symboli, oznaczeń i akronimów stosowanych w pracy. Wykorzystuje się w niej wiele wielkości fizycznych, skrótów i oznaczeń dlatego też taki wykaz ułatwiłby zrozumienie pracy, poprawiłby także jej czytelność.

Rozprawa stanowi udaną próbę usystematyzowania wiadomości dotyczących wykorzystania metod magnetycznych w diagnostyce technicznej i na tej podstawie opracowanie własnej procedury, rozszerzającej dotychczasowe możliwości diagnostyczne. W syntezie informacji uwzględniono trzy metody badawcze oparte na:

- zjawisku Barkhausena - metody szeroko stosowanej w diagnostyce technicznej, przede wszystkim ze względu na fakt, że umożliwia ona w sposób nieniszczący ocenić stan obiektu, najczęściej także bez większego jego demontażu;
- parametrach własnego magnetycznego pola rozproszenia. Rozkład tego pola magnetycznego można wykorzystać do określania naprężeń w badanym elemencie;
- wykorzystaniu zmian impedancji uzwojenia pomiarowego w wyniku jego sprzęgnięcia magnetycznego z badanym tworzywem konstrukcyjnym. W ten sposób można zidentyfikować zmiany zachodzące w nim na skutek procesów zużycia, a także niektóre parametry warstwy wierzchniej.

Wybór tych metod można uznać za trafny, brakuje jednak informacji co stanowiło podstawę tego wyboru.

Wykorzystując wymienione metody Autor podjął próbę określenia relacji między parametrami charakterystycznymi dla poszczególnych metod, a wybranymi cechami pozwalającymi określić stan tworzywa konstrukcyjnego:

- stanem naprężeń i deformacjami w strukturze warstwy wierzchniej,
- twardością,
- stadium zużycia wskutek procesu pełzania.

W przypadku wyboru powyższych cech także brak jest informacji dotyczących kryteriów tego wyboru. Pewne wątpliwości budzi też określenie „*zużycie wskutek procesu pełzania*”. W literaturze tribologicznej, a więc dotyczącej między innymi, a właściwie przede wszystkim, procesów zużycia, pełzania nie wymienia się jako czynnika w zbiorze procesów elementarnych. Może jednak stanowić taki czynnik w innym niż tribologiczny procesie zużycia. Informacje związane z powyższymi zagadnieniami zawarte są w 1. rozdziale rozprawy.

W rozdziale 2 Autor przedstawił podstawowe zagadnienia dotyczące zjawiska elektromagnetyzmu: jego istotę oraz mechanizm. W mojej ocenie niektóre z zamieszczonych informacji wydają się zbyt elementarne jak na rozprawę doktorską. Także kolejność podrozdziałów nie jest zgodna z zasadą „od ogółu do szczegółu” prezentowaną w *Nauce Konstrukcji* przez Profesora Janusza Dietricha z Politechniki Śląskiej, której Autor wykazuje w pracy znajomość. Niemniej, jest to część pracy niezbędna dla dalszych działań badawczych i analitycznych.

W kolejnym, trzecim rozdziale opisano metody badawcze, które w dalszej części pracy będą wykorzystane, zidentyfikowano także wielkości przyjęte w nich jako sygnały diagnostyczne.

W rozdziałach 4, 5 i 6 zawarto rezultaty przeprowadzonych badań eksperymentalnych, w których wykorzystano wymienione wyżej metody magnetyczne. Na tej podstawie określono stopień przydatności poszczególnych metod do opracowania relacji między parametrami charakterystycznymi dla tych metod, a wielkościami opisującymi stan badanego tworzywa konstrukcyjnego.

Rozdział 7 zatytułowany jest *Podsumowanie i wnioski* lecz wniosków nie zauważyłem, jest natomiast zawarta w nim ocena zastosowania poszczególnych metod do wyznaczania poszukiwanych relacji, co można uznać jako podsumowanie pracy.

Na podstawie zbioru powyższych informacji można stwierdzić, że przedmiot pracy jest poprawnie usytuowany w tematyce aktualnie prowadzonych badań naukowych, a założony cel pracy powinien doprowadzić do poznawczo interesujących rezultatów. W zakresie podejmowanego problemu badawczego, stosowanego aparatu pojęciowego jak i użytych metod badawczych praca mieści się w dziedzinie: *Nauki techniczne*, dyscyplinie: *Budowa i eksploatacja maszyn* i specjalności: *Diagnostyka techniczna*.

### 3. Ocena merytoryczna pracy

Merytoryczną ocenę pracy należy rozpocząć od jej tematu. Według mojej oceny jest on zbyt lakoniczny, a wątpliwości pojawiają się z pytaniami: jakiego stanu? jakiego tworzywa? Dodanie w tytule informacji dotyczących tych szczegółów nie spowodowałoby zbytniego jego wydłużenia. Także pojęcie *ocena* w tytule nie jest adekwatne do zawartości pracy.

Stan tworzywa konstrukcyjnego jest podstawowym czynnikiem determinującym proces zużywania elementów, z których są one wytworzone. Z tego powodu badanie cech, które ten stan opisują jest bardzo ważnym zagadnieniem w całokształcie badań diagnostycznych. Badania te mogą mieć charakter niszczący lub nieniszczący. Z przyczyn oczywistych bardziej przydatne w praktyce inżynierskiej są te drugie, stąd też podjęcie w recenzowanej pracy takiej tematyki uważam za jak najbardziej celowe i uzasadnione. W swojej rozprawie Doktorant rozpatruje zagadnienia złożone, ciekawe także w aspekcie poznania naukowego.

Cel pracy sformułowany jest czytelnie lecz niezbyt szczęśliwie. Jak Autor pisze jest nim: *opracowanie korelacji diagnostycznych umożliwiających określenie: stanu naprężenia i deformacji, twardości, stanu zużycia wskutek procesu pełzania*. Korelacja to wzajemne powiązanie, współzależność. Przy tak sformułowanym celu – nie bardzo jednak wiadomo czego z czym? Oczywiście po zapoznaniu się z treścią rozprawy odpowiedź na to pytanie jest znana, jednak w rozprawie doktorskiej cel powinien być bardziej jednoznacznie sprecyzowany.

W pracy opisano liczne zrealizowane badania eksperymentalne, wykazując przy tym dobrą znajomość metod badawczych i zasad prowadzenia badań. Nie uniknięto przy tym jednak pewnych niedociągnięć i niejasności. Badane zjawiska mają charakter losowy, dlatego też wyniki badań wymagają opracowania statystycznego. Na wykresach stanowiących prezentacje rezultatów badań naniesione są wielkości statystyczne, przy czym nie podano jakie: czy są to odchylenia standardowe, czy zakresy zmienności zarejestrowanych wyników. Bez względu jednak na to czym one

są, podstawową informacją powinna być liczność próby. To od niej w dużej mierze zależy wiarygodność uzyskanych wyników i wnioski na ich podstawie.

Badania przeprowadzono trzema metodami i jest to niewątpliwie pozytywną cechą tej pracy. Informacji dlaczego każdą metodą badano inne tworzywo konstrukcyjne, tego w niej nie doszukałem się.

W pracy brakuje także sformułowania kryterium osiągnięcia celu pracy, co jest jednym z podstawowych elementów jej oceny.

Podstawowe osiągnięcia Doktoranta wynikające z realizacji opisanych w rozprawie działań wymieniam poniżej (bez ich hierarchizacji):

- wskazanie obszarów zastosowań różnych metod magnetycznych do określania wielkości opisujących aktualny stan tworzywa konstrukcyjnego;
- opracowanie oryginalnej aplikacji oznaczonej akronimem BEAT, umożliwiającej pomiar, wizualizację i przeprowadzenie wielowariantowej analizy danych pomiarowych przy wykorzystaniu zjawiska Barkhausena. Na podkreślenie zasługuje przy tym to, że możliwy jest dalszy rozwój aplikacji poprzez implementację kolejnych, dodatkowych procedur obróbki zarejestrowanych w badaniach sygnałów;
- zestawienie danych literaturowych dotyczących zastosowań zjawiska Barkhausena w diagnostyce technicznej. Dokonany przegląd, obejmujący ponad 30 pozycji literaturowych z kilkudziesięciu (ca. 50) ostatnich lat, można uznać za wartościowy i reprezentatywny;
- wyznaczenie relacji między parametrami badań magnetycznych a indywidualnymi cechami charakteryzującymi stan materiału (szkoda, że relacje te przedstawiono jedynie w formie graficznej).

Uwzględniając zawarte w tej części recenzji oceny cząstkowe poszczególnych elementów pracy potwierdzono racjonalność i prawidłowość postępowania Doktoranta. Odnośnie zakresu opracowania i poziomu trudności stwierdzam, że spełniają one w pełni wymagania stawiane pracom doktorskim.

#### 4. Uwagi szczegółowe

W ocenianej pracy Autor nie ustrzegł się drobnych uchybień i błędów, które w niewielkim tylko stopniu obniżają merytorycznie pozytywną ocenę pracy. Zostały one w niniejszej części recenzji ujęte ze względów porządkowych, a także celem zachęcenia do przemyślenia ich przez Doktoranta.

- zbyt wiele jest w tekście odnośników do literatury, np. na str. 24 Autor odwołuje się pięciokrotnie do poz. [35], na str. 100 w 8-wierszowym akapicie jest odwołanie się do 4 różnych pozycji, ponadto w tytule podrozdziału, który rozpoczyna ten akapit jest odwołanie się do kolejnej, piątej pozycji;
- podrozdział 4.3.2 zatytułowano: *Omówienie wyników badań*. W pracy nie można niczego *omówić*, można: *przedstawić, opisać, zinterpretować* itp.;
- co to są *naprężenia inżynierskie*? (s.83 – podpis pod rys. 4.45);

- *stan naprężenia czy stan naprężeń* ? Moim zdaniem poprawny jest ten drugi wariant;
- na s.7<sup>22</sup> używa się akronimów *MBN* i *MAE* nie wyjaśniając co one znaczą;
- niepoprawne użycie określenia *wysoki, niski*, np. *wysoka wartość* (s.71<sup>20</sup>, 123<sub>4</sub>), *wyższa wartość* (s.76<sub>2</sub>), *niższych wartości* (s. 69<sup>21</sup>), do określenia wielkości, której cechą charakterystyczną nie jest wysokość lepiej użyć przymiotników: *duża, większa, mała*;
- niepotrzebne powtórzenie: s.83<sup>13+16</sup> oraz s.84<sup>1+3</sup>;
- wielkość nie oznacza rozmiarów (s.87<sub>2</sub>),
- s.36<sub>17</sub> jest: *przebieg wartość energii... w funkcji* – niepoprawnie (oczywiście: *wartości*). Lepiej byłoby: *zmiana ... w funkcji*;
- jest: *przy pomocy* (np.: s.18<sub>2</sub>, 23<sup>12</sup>), powinno być: *za pomocą* (przy pomocy kogoś, za pomocą czegoś);
- ostatni wzór w rozdziale 3 (s.63) nie ma numeru,
- w tytule tabeli 3.4. jest *...wykorzystywana przy analizie ...*, lepiej byłoby: *wykorzystywana w analizie*;

Drobne błędy stylistyczne, interpunkcyjne i edytorskie, dostrzeżone podczas lektury pracy, zostały ponadto zaznaczone w maszynopisie a informacje o nich – przekazane Doktorantowi. Także one nie umniejszają w istotny sposób wartości opracowania; warto jednak moim zdaniem o nich pamiętać i brać pod uwagę w dalszych pracach i publikacjach.

## 5. Wniosek końcowy

W przedkładanej recenzji wykazałem trafność i zasadność doboru tematyki pracy, odnosząc tę ocenę do dyscypliny naukowej: *Budowa i eksploatacja maszyn*. Potwierdziłem także merytoryczną poprawność sformułowanej hipotezy badawczej i celu pracy. Uważam przy tym, że rozprawa zawiera elementy oryginalnego osiągnięcia naukowego. Na tej podstawie stwierdzam, że Doktorant wykazał się dużą wiedzą w zakresie rozpatrywanych w pracy zagadnień, a także dobrym opanowaniem warsztatu badawczego.

W związku z powyższymi stwierdzeniami i na ich podstawie uważam, że oceniana praca spełnia wymagania określone w *Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* z dnia 14 marca 2003 roku (wraz z późniejszymi zmianami) i może być dopuszczona do publicznej obrony na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach.

Bydgoszcz, dnia 5 czerwca 2018 roku

