

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Benard Kiptoo Kipsang pod tytułem - „Assessment of fracture development in thick-walled elements of power boiler after long-time operation”

Recenzję pracy wykonano na zlecenie Przewodniczącej Rady Dyscypliny „Inżynieria Materiałowej” Politechniki Śląskiej, prof. dra hab. inż. Adama Grajcara z dnia 01 lipca 2025 r. Promotorem recenzowanej rozprawy doktorskiej jest dr hab. inż. Krzysztof Wacławiak, a co-promotorem jest prof. dr ir. Wim De Waele.

1. Charakterystyka pracy

Wytwarzanie energii jest problemem istotnym we współczesnym świecie. Ilość zużywanej energii rośnie. W związku z tym bardzo ważna jest trwałość konstrukcji pracującej w energetyce zawodowej. Dąży się do tego aby maksymalnie przedłużyć żywotność konstrukcji przy zachowaniu odpowiedniej niezawodności tych konstrukcji. W tym celu konieczne są badania i analizy materiałów pracujących w energetyce, czyli stali kotłowych. W związku z tym podjęcie się zachowania tych materiałów pod wpływem różnych obciążeń doskonale lokuje się we współczesnych problemach wytrzymałości i analizy materiałowej stali stosowanych w energetyce. Recenzowana praca doskonale wpisuje się w to zagadnienie i pozwala lepiej zrozumieć problem. W związku z tym, postawione zadanie podjęte przez Doktoranta Pana mgr inż. Benard Kiptoo Kipsang idealnie wpisuje się w takie badania i analizy. Tytuł pracy dobrze odzwierciedla zakres pracy doktorskiej.

Całość pracy doktorskiej niestety ma liczne błędy redakcyjne, co szerzej opisano w uwagach szczególnych. Przez to pracę chwilami się czyta trudniej.

Recenzowana praca doktorska składa się z 7 numerowanych rozdziałów. Dodatkowo na początku umieszczono między innymi spis ważniejszych oznaczeń i akronimów, streszczenie w języku angielskim i polskim, ale bez tytułu przetłumaczonego na język polski, oraz w języku niderlandzkim również bez tytułu. Po rozdziałach numerowanych umieszczono bibliografię i załączniki.

Pierwszy rozdział to wprowadzenie do pracy wraz z krótkim opisem genezy powstania pracy oraz teza, cel i zakres pracy. Dopiero w drugim rozdziale przeprowadzono przegląd literatury nakreślając stan wiedzy z tematyki realizowanego doktoratu. Zdaniem recenzującego lepiej by było aby teza, cel i zakres pracy wynikał z przeglądu literatury i był niejako zakończeniem i zwieńczeniem tego rozdziału. Cel pracy powinien wynikać z wniosków jakie wynikają z przeglądu literatury a dokładnie powinno to być jakieś uzupełnienia w stosunku do zrealizowanego przeglądu literatury. Przegląd ten powinien wskazać na braki a postawione zadania powinny rozwiązywać chociaż w części te braki. Czytając pierwszy rozdział nie wiadomo skąd wynikają postawione cele i zakres pracy.

W rozdziale trzecim przedstawiono zrealizowane badania eksperymentalne i numeryczne dotyczące odporności na pękanie materiałów, z których wykonane były elementy kotłów parowych pracujących 100 000 godzin. Badania te dotyczyły stali 13HMF i staliwa L17HMF. Badania wykazały jednorodność materiału, z którego były wykonane elementy kotła. Z kolei w rozdziale 4 przedstawiono badania eksperymentalne dotyczące odporności na pękanie w trybie mieszanym. Badania te dotyczyły próbek wykonanych ze stali 16MoV6-3. W drugiej części tego rozdziału porównano uzyskane wyniki numeryczne z badaniami eksperymentalnym. Otrzymano dużą zgodność tych wyników. W wyniku analiz wykazano, że istnieje silny wpływ nachylenia kąta karbu na pękanie analizowanego materiału. W kolejnym rozdziale przeanalizowano wpływ krótkotrwałego pełzania na parametr CTOD. Badania wykonano dla trzech czasów wykonania próby w temperaturze 540 C i przy naprężeniu równym 169 MPa. Dodatkowo wykonano próby udarności i analizę mikrostruktury badanego materiału dla różnych stanów. W miarę pełzania wartość CTOD maleje. Przy czym próbki zdegradowane cechują się spadkiem tego parametru o ok.40%. Ostatni merytoryczny rozdział 6 dotyczy analizy odporności na pękanie związanej z termicznym degradowaniem materiału związanym z pełzaniem. W pracy opisano stosunkowo dobrze wszystkie analizowane metody badawcze. Jedynie pewny niedosyt budzi analiza cyfrowej korelacji obrazu, która ostatnio coraz powszechniej wchodzi w użycie przy analizach badawczych ale nie jest jeszcze w pełni poznana i cały czas się rozwija. Bardzo dobrze praca jest zredagowana jeśli chodzi o przedstawienie poszczególnych informacji. Wszystkie rozdziały 2-6 są zakończone wnioskami

wyływającymi z danego rozdziału. W związku czytelnikowi łatwo jest zapoznać się z osiągnięciami Autora i jednocześnie łatwo Autorowi było przejść do ostatniego numerowanego rozdziału, w którym umieszczono wnioski dotyczące całej pracy doktorskiej. Bibliografia zawiera łącznie 183 pozycje. Spis ten jednak został przygotowany z licznymi błędami co napisałem szczegółów w uwagach szczególnych do pracy. Brakuje tutaj jednak norm i odnoszenie się do nich w całej pracy.

2. Opinia o pracy odnośnie spełnienia warunków ustawowych

2.1. Ocena ogólnej wiedzy teoretycznej

Przegląd stanu wiedzy zawarty w rozdziale 2 pozwala potwierdzić rozeznanie Doktoranta w problemach odporności na pękanie materiałów, z których wykonywane są kotły w elektrowniach cieplnych. Przegląd literatury przedstawiony w tych pracach jest wystarczający, chociaż niezbyt obszerna bo zawarte tylko na 28 stronach.

2.2. Ocena umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Doktorant wykazał się samodzielnością zarówno w zakresie przygotowania jak i przeprowadzenia właściwych badań eksperymentalnych jak i numerycznych. Wykonane analizy świadczą o samodzielności doktoranta.

2.3. Ocena oryginalnego rozwiązania problemu naukowego

Przedstawione osiągnięcia w ramach poszczególnych rozdziałów wskazują, jak to wykazano w charakterystyce pracy, na wkład naukowy niniejszej rozprawy doktorskiej, jej innowacyjność oraz zasadność podjętego tematu. Doktorant umiał rozwiązać pękania materiałów żarowytrzymałych. Analizy zostały przeprowadzone dla próbek materiałów różnie przygotowanych i poddanych obciążeniom zarówno monotonicznym jak i udarowościowym. Recenzent zastanowił się jakie rezultaty pękania uzyskano by dla badań zmęczeniowych analizowanego materiału. Pomimo pozytywnej recenzji pracy doktorskiej mgr inż. Benard Kiptoo Kipsang, co napisano w charakterystyce pracy i najważniejszych osiągnięciach Doktoranta, kilka wątpliwości zamieściłem w charakterystyce pracy, jak również w uwagach i pytaniach dotyczących pracy.

3. Uwagi i pytania szczegółowe dotyczące pracy

Część uwag zawarłem w poprzednich punktach. Poniżej przytaczam inne zauważone błędy lub też pytania:

- nie wszystkie symbole w liście symboli i agnominów są podane w kolejności alfabetycznej,
- symbol naprężenia jest nieprawidłowy jest delta δ a powinno być sigma σ ,
- na str. 2, 11-12 wiersz od dołu jest później powtórzony na str. 3, 1-2 wiersz od góry,
- str.4, na rys.2 brakuje jednostek,
- rys.3. – wydaje się, że wykresy powinny być wykonane na bazie koła,
- brak konsekwencji i błędy w definiowaniu niektórych wielkości. Po wzorze (2.4) jest Poisson's ratio and Young's Elastic Modulus, a po wzorze (2.13) Poisson's ratio and Young Modulus,
- We wzorach (2.4) i (2.5) oznaczenia ϵ_l i ϵ_p powinny być w indeksie dolnym jak to jest we wzorze (2.3),
- brak indeksów we wzorach (2.6), (2.7), (2.8),
- błędny symbol naprężenia we wzorze (2.9),
- str 16, 1 linia od dołu p powinno być w indeksie dolnym,
- str. 22 – cytowana jest praca Kowalski [21]. Tej pracy nie ma pod tą pozycją,
- str. 23, 15-16 linia. Co oznaczają wyrażenia σ_0 ?
- str 25 - Zapisano Boroski. Powinno być Boronski (Boroński),
- str. 35 – co oznacza So_2 ?
- w podpisie tabeli 7 zapisano L17HMF. Powinno być L17HMF,
- str.44 – min i max powinno być zapisane jako indeksy dolne,
- tabela 9 i 21 ma te same wartości chociaż wykorzystano różne oznaczenia i sposoby zapisu liczb. Jak modelowano numerycznie (tabela 9) zmienność wytrzymałości na rozciąganie (490-690 MPa)? Jeżeli nie modelowano to podpis w tabeli 9 jest nieprawidłowy,
- w pracy nieprawidłowo pisana jest jednostka K_{IC} . Jest $MPa \cdot m^{1/2}$, powinno być $MPa \cdot m^{1/2}$,
- W tabeli 13 w ostatniej kolumnie zapisano nieprawidłową jednostkę kNs. Powinno być kN,
- (3.3) – to nie jest wzór. Wcześniej trzeba zdefiniować wielkość, która się wprowadza i później ją stosować. Oprócz tego, że nie jest to wzór to później praca staje się nieczytelna i np. ostatni wiersz w tabeli 17 jest nieczytelny,
- we wzorze (4.2) pojawia się odkształcenie VonMises i później w podpisie rysunku 48, a powinno być Huber-Mises-Hencky. Zresztą w rozszerzonym streszczeniu w języku polskim pojawia się HMH bez definiowania co to jest. Można tylko domyślić się, że jest to właśnie Huber-Mises-Hencky,

- analogicznie do (3.3), (4.4) też nie jest wzorem. Zresztą wyrażenie (4.4) zapisane jest z błędem bo sprowadza się do $[K_I^{DIC}-1] \times 100$. Dodatkowo wielkość ta powinna być raczej definiowana w %,
- na str. 84 napisano stale energetyczne (Energy steel). Jest to określenie żargonowe. Powinno być stal żarowytrzymała lub kotłowa,
- na rys. 59 na osi rzędnych skala nie zaczyna się od 0 kN. Wykres byłby pełniejszy gdyby i w tym przypadku była tutaj wartość 0, bo w tym przypadku wygląda jakby siłą startowała od wartości 0 kN?
- w tabeli 31 nie jest jasne jakie błędy przedstawione są w ostatnich dwóch wierszach i jak one są liczone,
- w podpisie rys.68 napisano, że to są mapy. Jest to określenie z geografii. Powinno być warstwyce,
- spis literatury jest napisany niestarannie, a w szczególności: a) w tytułach prac [2, 13, 19, 22, 35, 50, 57, 58, 60, 71, 74, 76, 84, 110, 115, 117, 137, 162] pojawiają się nie wiadomo dlaczego duże litery, b) błędy w imionach, nazwiskach, tytułach czasopism, [19, 52, 110], c) brak tytułu czasopisma [93, 99, 100], pozycja [170] – N.G.B, M.R.C, Z.C.C, and K.G.D – czemu zastosowano takie skróty?

4. Uwagi i wnioski ogólne

Z przedstawionej charakterystyki pracy oraz uwag, czy też pytań uzupełniających dotyczących pracy, wynika, że rozprawa wskazuje na rozeznanie przez Doktoranta problemu postawionego w pracy w zakresie pękania elementów kotłów energetycznych. W szczególności należy zwrócić uwagę, że zdobytą wiedzę i doświadczenie Doktorant wykorzystał do zastosowania swojej wiedzy do analizy i badań wykonanych próbek. W szczególności należy podkreślić, że doktorant umiał połączyć wiedzę z zakresu Inżynierii Materiałowej jak i analizę wytrzymałości materiałów jako część innej dyscypliny naukowej jaką jest Inżynieria Mechaniczna. Nieliczne uwagi zawarte w recenzji mogą być przedmiotem analiz w dalszej działalności badawczej i publikacyjnej Doktoranta, a także mogą być przydatne w redagowaniu kolejnych prac naukowych. Tu należy zwrócić uwagę, że znaczona część uwag ma charakter pytań i sugestii do wykorzystania na przyszłość, a nie wprost krytykę recenzowanej rozprawy. Najważniejszą zaletą przeprowadzonych badań i analiz jest praktyczna możliwość zastosowania przeprowadzonych analiz w elektrowniach zawodowych w celu bezpiecznego

przedłużenia eksploatacji urządzeń energetycznych pracujących w trudnych warunkach eksploatacyjnych z uwzględnieniem wpływu wysokiej temperatury na zastosowane materiały.

Po analizie pracy można pracę pozytywnie ocenić w zakresie zarówno ogólnej wiedzy teoretycznej, umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, jak i znalezienia oryginalnego rozwiązania problemu naukowego. Dodatkowo należy wskazać, że recenzowana praca doktorska jest pracą interdyscyplinarną i mogłaby być ulokowana w trzech aktualnie funkcjonujących dyscyplinach: Inżynieria Materiałowa, Inżynieria Mechaniczna oraz Energetyka i Inżynieria Środowiska. Z uwagi na to, że kwestie energetyki i inżynierii środowiska są w pracy potraktowane zdecydowanie drugoplanowo, to praca mogłaby być przedstawiona w pozostałych dwóch dyscyplinach. Jednak najlepiej lokuje się w dyscyplinie Inżynieria Materiałowa, gdzie główny nacisk postawiony jest na sprawy materiałowe i zakres ogólnie można by określić jako mechanikę materiałów w związku z tym praca prawidłowo została przypisana do dyscypliny Inżynieria Materiałowa i tak została przesłana do recenzji.

5. Wniosek końcowy

Całość oceny rozprawy doktorskiej umożliwia sformułowanie wniosku o spełnienie w stopniu wystarczającym warunków określonych Ustawą *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* z dnia 20 lipca 2018 roku z późniejszymi zmianami i dopuszczenie rozprawy mgr inż. Benard Kiptoo Kipsang pod tytułem „Assessment of fracture development in thick-walled elements of power boilers after long-time operation” do publicznej obrony pracy doktorskiej na Politechnice Śląskiej w Dyscyplinie Inżynieria Materiałowa.

Z poważaniem

prof. Tadeusz Łagoda

/podpis odręczny/

*wyłączenie jawności w zakresie danych osobowych oraz ochrony prywatności osoby fizycznej na podstawie art. 5 ust. 2 ustawy z dnia 6 września 2001 r. o dostępie do informacji publicznej (tj. Dz.U. z 2016 r., poz. 1764)